

УДК 577.391:575

Н. З. АЛТАЕВА<sup>1</sup>, Р. ЖАПБАСОВ<sup>2</sup>

## СТЕПНОГОР ТАУ-КЕН ХИМИЯЛЫҚ КОМБИНАТЫНЫҢ РАДИОАКТИВТІ ҚАЛДЫҚТАРДЫ САҚТАЙТЫН ҚОЙМАСЫНЫҢ МАҢЫНДА ТІРШІЛІК ЕТЕТІН КЕМІРУШІЛЕРДІҢ ЖАСУШАЛАРЫНДАҒЫ ЦИТОГЕНЕТИКАЛЫҚ ТҰРАҚСЫЗДЫҚТЫҢ ДЕНГЕЙІН ЗЕРТТЕУ

<sup>1</sup>«Астана медицина университеті» АҚ,<sup>2</sup> ҚР БҒМ ҒК Жалпы генетика және цитология институты)

Степногор тау-кен химиялық комбинатының маңында мекендейтін кемірушілердің мекен ету ортасының радиоэкологиялық жағдайы мен цитогенетикалық зерттеу мәліметтері келтірілген. Тышқандардың организмдерінде болатын мутациялық процестер зерттелініп, сүйек миы тініндегі цитогенетикалық тұрақсыздықтың деңгейі негізінен гипердиплоидты, полиплоидты және хромосомаларында абберрациялары бар жасушалардың сандарының артуымен байланысты болатындығы айқындалды. Кемірушілерде анықталған жоғары цитогенетикалық тұрақсыздық деңгейі үнемі иондық радиация әсерінен туындайды.

Қазіргі кезде адам организміне және табиғи популяциялар үшін техногенді факторлардың қауіптілігі, сонымен қатар уран өндірілетін, өңделетін және сақталатын жерлерге таяу орналасқан аймақтардағы «топырақ-өсімдік-жануарлар» тізбегінің радионуклидтермен және ауыр металдармен ластануы күрделі радиоэкологиялық жағдайдың туындауына әкеледі. Республикамызда уран өндірілетін өңірлердің радиоэкологиялық жағдайлары толық зерттелінбеген. Уран өндірісінен кейін қалыптасқан радиоактивті қалдықтардың (180 млн т) табиғи популяциялар мен адам ағзасына әсері толық қарастырылмаған. Табиғи бірлестікке әсер ететін тұрақты иондық сәулелердің кейінгі салдарларын бағалайтын комплексті ғылыми зерттеу жұмыстары толық жүргізілмеген [1].

Радиоэкологиялық жұмыстарда радиоактивті ластанған аймақтарда өсетін өсімдіктерді және мекендейтін жануарларды тест-объектісі ретінде зерттеу ластанудың мутагенді салдарларын айқындауға мүмкіндік береді [2]. Сондықтан уран өндірілетін өңірлерде тіршілік ететін жабайы сүтқоректілерді цитогенетикалық тұрғыда зерттеу және техногенді факторлардың биологиялық салдарларын бағалау маңызды мәселе болып табылады. Атом радиациясының әсері жөніндегі біріккен ұлттар бірлестігінің ғылыми комитеті тышқандарды (*Mus musculus*) адамда сәулелендірудің кейінгі салдарды генетикалық тұрғыда бағалау үшін модель ретінде қолдануды ұсынды. Тұрақты сәулеленген тышқан тәріздес кеміруші-

лерде кездесетін генетикалық процестерді зерттеу табиғи экожүйенің ұзақ, қолайсыз ортаға тұрақтылық теориясын тұжырымдауда елеулі орын алады.

### Зерттеу материалдары мен әдістері

Тіршілік ететін организмдерге цитогенетикалық зерттеу жұмысын жүргізу бабындағы негізгі мәселе тест объектіні тандап алу болып саналады. Оның себебі, тәжірибе жүргізілетін жануарлар бақылау және тәжірибе аймақтарында тіршілік ету керек. Олардың биологиялық және тіршілік ету сипаттамалары бірдей болу керек. Осы көрсеткіштер сақталса ғана, оларды зерттегенде алынған статистикалық цитогенетикалық мәліметтерді салыстырып, тәжірибе тобындағы сандық және сапалық цитогенетикалық өзгерістерді дәлірек анықтауға болады.

Степногор тау-кен химиялық комбинатының радиоактивті қалдықтарды сақтайтын қоймаларының маңайында тіршілік ететін сүтқоректілердің ішінен жоғарыда айтылған талаптарға сәйкес екі түрлі тышқантәріздес кемірушілер (үлкен тышқан – *Allactaga major Kerr*; секіргіш тышқан – *Allactaga saltator Ewersman*) бар. Кемірушілердің мекен ету орталарының радиоэкологиялық жағдайын зерттеу ү-сәулесінің эквивалентті дозасының күшін,  $\alpha$ - және  $\beta$ -бөлшектерінің тығыздық ағымдарын анықтаумен қатар, топырақ, өсімдік және су үлгілерін зертханалық радиоспектрометриялық және радиохимиялық талдау жұмыстарын

камтыды. Бұл жерлердің радиометриялық көрсеткіштері сәйкес детекторлары бар «РКС-01-Соло» дозиметрімен іске асырылды.

Қоршаған орта объектілерінің құрамындағы радионуклидтерді анықтауға бағытталған радиоспектрометриялық және радиохимиялық талдау жұмыстары Степногор тау-химиялық комбинаты және Ұлттық ядролық орталықтың Ядролық физика Институтының қызметкерлерімен бірігіп іске асырылды.

Цитогенетикалық препараттар стандартты әдістермен жасалынды [3,4]. Тышқандардың терісі мен қарынының аралығына тірі салмағына есептелініп, колхицин ертіндісінің белгілі мөлшері жіберілді. Колхициннің экспозициясынан кейін, олардың ортан жілігінің сүйек миы клеткаларынан хромосомалық препараттар дайындалды. Жылытылған, температурасы 37°C болатын 0,75% КСІ ертіндісімен ортан жілігінің сүйек миын шайдық. Клеткаларды гипотинизациялау термостатта (38°C) 10–15 минут жүргізілді. Одан кейін клеткалары бар ерітінді центрифугаға салынып, 10 минут бойында 1000 айналым/минут жылдамдықпен айналдырылды. Фиксатор ерітіндісі ретінде сірке қышқылы мен спирттің 1:3 мөлшері қолданылды. Алынған препараттарды Романовскийдің азур-эозин және Гимза бояуларымен боядық. Боялған препараттар канада бальзамының көмегімен тұрақты препараттарға айналдырылды.

Сүйек миының метафазалық пластинкаларын зерттеу барысында хромосомалық аберрациялар, анеуплоидтар, полиплоидтар қарастырылды. Талдау кезінде хромосомалары тегістей орналасқан метафазалық пластинкалар зерттелінді. Ал хромосомалары бір-бірімен айкасып жатқан, талдауға болмайтын метафазалық пластинкалар зерттелінген жоқ.

Сонымен, хромосомалық препараттардан мынандай цитогенетикалық сипаттамалар зерттелді:

- жеке хромосоманың морфологиялық (құрылымдық) сипаттамасы;
- зерттелген соматикалық клеткалардағы гиподиплоидты хромосомалар жиынтығы бар клеткалардың деңгейі;
- гипердиплоидты хромосомалар жиынтығы бар клеткалардың мөлшері;
- полиплоидты клеткалардың кездесу жиілігі;
- хромосомаларында аберрациялары бар клеткалардың жиілігі мен олардағы аберрация түрлері;

– соматикалық клеткалардағы цитогенетикалық тұрақсыздықтың жалпы мөлшері;

– клеткаларында маркерлі хромосомалары бар жануарлардың кариотипін құрастыру.

Таңдап алынған метафазалық пластинкалар «Видео-Тест-Карио 3,0» жүйесі бойынша компьютерге суретке түсірілді. Негізгі цитогенетикалық талдаулар мен хромосомалық аберрацияларды зерттеу барысында сүтқоректілердің цитогенетикасына негізделген ғылыми-әдістемелік нұсқауға сәйкес жұмыстар атқарылды [5].

#### Алынған нәтижелерді талдау

Кемірушілердің мекен ету ортасында, жер бетінен 5 см ара қашықтықта гамма-сәулесінің эквивалентті дозасының күші 0,65–0,80 мкЗв/сағ. ауытқыса, альфа-сәулесінің тығыздық ағымы 0,93–1,97 бөлшек/см<sup>2</sup>-мин, бета-сәулесінің тығыздық ағымы 111,46–144,06 бөлшек/см<sup>2</sup>-мин ауытқыды. Осы кемірушілердің ішінде гамма-сәулесінің эквивалентті доза күші 0,64–0,80 мкЗв/сағ., альфа-сәулесінің тығыздық ағымы 1,14–1,89 бөлшек/см<sup>2</sup>-мин, бета-сәулесінің тығыздық ағымы 111,96–145,06 бөлшек/см<sup>2</sup>-мин ауытқыды. Осы көрсеткіштерді салыстырмалы топтың жануарлары мекендейтін жерлермен салыстырғанда гамма-сәулесінің эквивалентті дозасының күші 5,3–6,5 есе, бета-бөлшектерінің ағым тығыздығы 12,41–15,32 есе жоғары болды.

*Allactaga major Kerr.* және *Allactaga saltator Ewersm* індерінен алынған топырақ үлгілеріндегі <sup>238</sup>U мөлшері салыстырмалы топтың мекен ететін ортасынан алынған үлгілерден 2 есе, <sup>226</sup>Ra 15 есе, <sup>232</sup>Th 46 есе, <sup>210</sup>Pb 6 есе жоғары болатындығы анықталды. Зертханалық радиоспектрометриялық және радиохимиялық жұмыстардың негізінде топырақ үлгілерінде радионуклидтердің басым мөлшері жылдамдығы 20–25 м болатын оңтүстік-батыс жақтан соғатын желдің бағытында, кемірушілер ұсталынған радиоактивті қойманың солтүстік-шығыс жағында анықталды. Қорыта айтқанда, кемірушілердің мекен ету ортасының радиоэкологиялық жағдайын зерттеу барысында олардың үнемі иондық радиацияның әсеріне болатындығы анықталды.

Радиациялық деңгейі қалыпты мөлшерлі жерлерде тіршілік ететін салыстырмалы топтың кемірушілерін (*Allactaga major Kerr.*, *Allactaga saltator Ewersm*) цитогенетикалық зерттеу барысында, соматикалық клеткаларының кариотипі морфо-

логиялары мен мөлшері әртүрлі, 48 хромосомадан тұратындығы айқындалды. Олардан тек қана 1-ші жұп хромосомалары – үлкен субметацентриктер анық көрінеді. Ал, қалған 46 хромосомалар ұзындығы бірте-бірте азайатын метацентрилі немесе субметацентрилі хромосомаларға жатады. Бұл хромосомалардың жұптарын нақты анықтау үшін, олардың абсолюттік (микрометрмен) және салыстырмалы (промильмен) ұзындықтары зерттеліп, барлық хромосомалар 23 аутосомалық және бір жыныстық хромосомалар топтарына бөлінді. Алынған мәліметтер негізінде біз зерттеу жүргізген уран өндірілетін Степногор аймағында мекендейтін кемірушілердің екі түрінің қалыпты кариотипі құрастырылды.

Тәжірибелі топқа жататын тышқандардың метафазалық пластинкаларындағы хромосомалардың морфологиясының өзгеру шамасы (полиморфизмі) зерттелінді. Тышқандардың латынша аттарын қысқартып *Allactaga major Kern* – A.m.,

ал *Allactaga saltator Eversman* – A.s. деп жазылды. Степногорск тау кен химиялық комбинатының радиоактивті қалдықтарды сақтайтын қоймасының маңайында тіршілік ететін үлкен тышқандардың (*Allactaga major Kern*) қан жасаушы ұлпаларындағы гиподиплоидты және гипердиплоидты хромосомалар жиынтықтары бар жасушалардың кездесу жиілігі бақылау топтарынан сәйкесінше 1,85 есе (немесе  $10,81 \pm 0,82\%$  және  $5,84 \pm 0,52\%$ ) және 3,52 есе (немесе  $2,11 \pm 0,57\%$  және  $0,60 \pm 0,17\%$ ) артық болса, ал секіргіш тышқандардың (*Allactaga saltator Eversman*.) аттас цитогенетикалық көрсеткіштері сәйкесінше 1,68 есе (немесе  $12,26 \pm 0,98\%$  және  $7,28 \pm 0,67\%$ ) және 4,13 есе (немесе  $3,84 \pm 0,60\%$  және  $0,93 \pm 0,61\%$ ) бақылау топтарынан жоғары болды (1-кесте). Бұрынғы жұмыстарда радиоактивті-ластанған аймақтарда мекендейтін тышқандарда гиподиплоидты клеткалардың жиілігі жоғары болғанды көрсетілген [6].

1-кесте. Цитогенетикалық зерттелген үлкен тышқандар (*Allactaga major Kern*) мен секіргіш тышқандардың (*Allactaga saltator*) сүйек миы ұлпаларындағы гиподиплоидты және гипердиплоидты (анеуплоидты) хромосомалар жиынтығы бар жасушалардың мөлшері

Тышқан түрлері және ұсталған жерлер	Зерттелген тышқандар саны			Зерттелген метафазалық жасушалар саны	Олардың ішінде, %		
	Барлығы	Олардың ішінде			Гиподиплоидтылар	Гипердиплоидтылар	Барлық анеуплоидты жасушалар
		♂	♀				
Тәжірибе тобы (A.m.)	15	10	5	1341	$10,81 \pm 0,82^*$	$2,11 \pm 0,57^{**}$	$12,93 \pm 0,92^*$
Бақылау тобы (A.m.)	5	3	2	443	$5,84 \pm 0,52$	$0,60 \pm 0,17$	$6,44 \pm 0,71$
Барлығы	20	13	7	1784	$9,57 \pm 1,39$	$1,73 \pm 0,80$	$11,31 \pm 1,56$
Тәжірибе тобы (A.s.)	15	9	6	1182	$12,26 \pm 0,98^*$	$3,84 \pm 0,60^{**}$	$16,05 \pm 1,01^*$
Бақылау тобы (A.s.)	5	4	1	415	$7,28 \pm 0,67$	$0,93 \pm 0,61$	$8,21 \pm 0,89$
Барлығы	20	13	7	1597	$11,02 \pm 1,40$	$3,12 \pm 1,04$	$14,09 \pm 1,72$
Жалпы саны	40	26	14	3381	$10,29 \pm 1,41$	$2,43 \pm 1,03$	$12,70 \pm 1,71$

\* $p < 0,05$ .  
\*\* $p < 0,001$  бақылау тобымен салыстырғанда нақты айырмашылық.

Тәжірибе тобының үлкен тышқандарының сүйек миы ұлпаларында полиплоидты хромосомалар жиынтығы бар жасушалар бақылау тобының тышқандарының ұқсас цитогенетикалық сипаттамаларынан 2,69 есе (сәйкесінше  $2,37 \pm 0,53\%$  және  $0,88 \pm 0,29\%$ ), ал секіргіш тышқандардағы аттас цитогенетикалық көрсеткіштер 6,42 есе (сәйкесінше  $4,24 \pm 0,75\%$  және  $0,66 \pm 0,19\%$ ) артық болды (2-кесте).

Хромосомалардың аберрациялары бар жасушалардың кездесу жиілігі тәжірибе тобының үлкен тышқандарында  $3,39 \pm 0,60\%$ , ал бақылау тобында  $0,60 \pm 0,19\%$ , секіргіш тышқанның тәжі-

рибе тобында  $4,63 \pm 0,91\%$  бен бақылау тобында  $1,22 \pm 0,37\%$  болып, сәйкесінше 5,65 есе және 3,80 есе тәжірибе топтарында жоғары болды (3-кесте).

Уран өндіретін өңірлерде мекендейтін кеміруші тышқандарда анықталған цитогенетикалық өзгерістер олардың мекен ету ортасындағы техногенді факторларға байланысты болады. Өйткені осындай факторлардың әсерінен хромосомалық мутациялардың қалыптасатындығы нақты дәлелденген [7, 8]. Спонтандық деңгейден жоғары болатын хроматидтік аберрациялар негізінен мутагенді химиялық агенттердің әсерінен қалыптасады. Өйткені Радиациялық қауіпсіздік норма-

2-кесте. Цитогенетикалық зерттелген үлкен тышқандар (*Allactaga major Kern*) мен секіргіш тышқандардың (*Allactaga saltator*) сүйек миы ұлпаларындағы полиплоидты хромосомалар жиынтығы бар жасушалардың мөлшері

Тышқан түрлері және ұсталған жерлер	Зерттелген тышқандар саны			Зерттелген метафазалық жасушалар саны	Олардың ішінде полиплоидты жасушалар, %
	Барлығы	Олардың ішінде			
		♂	♀		
Тәжірибе тобы (A.m.)	15	10	5	1341	2,37±0,53*
Бақылау тобы (A.m.)	5	3	2	443	0,18±0,05
Барлығы	20	13	7	1784	1,82±0,92
Тәжірибе тобы (A.s.)	15	9	6	1182	4,24±0,75*
Бақылау тобы (A.s.)	5	4	1	415	0,66±0,19
Барлығы	20	13	7	1597	3,34±1,17
Жалпы саны	40	26	14	3381	2,58±1,14

\*p<0,001 бақылау тобымен салыстырғанда нақты айырмашылық.

3-кесте. Цитогенетикалық зерттелген үлкен тышқандар (*Allactaga major Kern*) мен секіргіш тышқандардың (*Allactaga saltator*) сүйек миы ұлпаларындағы хромосомалардың аберрациялары бар жасушалардың мөлшері

Тышқан түрлері және ұсталған жерлер	Зерттелген тышқандар саны			Зерттелген метафазалық жасушалар саны	Олардың ішінде хромосомалардың аберрациялары бар жасушалар, %
	Барлығы	Олардың ішінде			
		♂	♀		
Тәжірибе тобы (A.m.)	15	10	5	1341	3,39±0,60**
Бақылау тобы (A.m.)	5	3	2	443	0,60±0,19
Барлығы	20	13	7	1784	2,69±1,03
Тәжірибе тобы (A.s.)	15	9	6	1182	4,63±0,91*
Бақылау тобы (A.s.)	5	4	1	415	1,22±0,37
Барлығы	20	13	7	1597	3,78±1,18
Жалпы саны	40	26	14	3381	3,24±1,12

\*p<0,05.  
\*\*p<0,001 бақылау тобымен салыстырғанда нақты айырмашылық.

сында көрсетілгендей, уран негізінен химиялық улы жағдайымен ескеріледі. Торийдің төменгі мөлшері (0,5–2 рұқсат етілетін шамасы) клеткалардың қалыпты бөліну кезінде хромосомалардың қалып қоюына әкелетіндігі көрсетілген. Бұл негізінен торийдің хромосоманың центромерлік бөлігіне және бөліну жіпшесіне улы әсер етуінен қалыптасатындығы көрсетілген [9]. СВА/Н тәжірибелік тышқандарының гемопэтикалық бағаналы клеткаларына альфа-бөлшектерімен әсер ету кезінде геномдық тұрақсыздық болатындығы дәлелденген [10].

Алынған статистикалық цитогенетикалық нәтижелер және цитогенетикалық талдау жүргізілген метафазалық жасушалардағы хромосомалардың радиациялық маркерлерінің түрлері (дицентрлі хромосомалар, хромосомалардың ацентрлік жұпты үзінділері және морфологиясы

өзгерген хромосомалар) тәжірибелік топтағы тышқантәріздес кеміргіштердің организміне Степногорск тау-химиялық комбинатының радиоактивті қалдықтарының радиациялық сәулелік әсер ететінінің нақты дәлелдері болып есептеледі.

#### ӘДЕБИЕТ

1. Kazymbet P.K., Seisebaev A.T. Problems of complex assessment of radiobioecological situation and public health in uranium-extraction region of Kazakhstan // Радиационная биология. Радиоэкология. 2002. V. 42, N 6. P. 750-753.
2. Шевченко В.А. Критерии оценки генетической опасности в связи загрязнением окружающей среды // Современные проблемы генетических последствий загрязнений окружающей среды и охраны генофонда. Алма-Ата: Наука КазССР, 1989. С. 15-27.
3. Ford C.E., Hamerton J.L. A colchicines, hypotonic citrate, squash sequence for mammalian chromosomes // Stain. Technol. 1956. V. 31. P. 247-251.

4. Макгрегор Г., Варли Дж. Методы работы с хромосомами животных. М.: Мир, 1989. 286 с.

5. Захаров А.Ф., Бенюш В.А., Кулешов Н.П., Барановская Л.И. Хромосомы человека. Атлас. М.: Медицина, 1982. 254-257 с.

6. Бородкин П.А., Сусликов В.И., Башлыкова Л.А. Цитогенетическое исследование микропопуляции полевки-экономки (*Microtus oeconomus* Pall.), обитающих в различных радиоэкологических условиях // Радиобиология. 1988. Т. 28, № 3. С. 356-361.

7. Дубинин Н.П. Радиационный и химический мутагенез. М.: Наука, 2000. 465 с.

8. Бигалиев А.Б., Бигалиев А.А. Проблемы радиационной генетики и экологии в Казахстане в условиях загрязнения природной среды // Астана медициналык журналы «Медико-биологические и экологические проблемы в уранодобывающих регионах». Астана, 2007. С. 11-12.

9. Евсеева Т.И. Закономерности раздельного и сочетанного действия факторов радиационной и нерадиационной природы в диапазоне малых доз (концентраций) на радесканцию (клон 002): Авто-

реферат дис. ... канд. биол. наук. Обнинск, 1999. 23 с.

10. Kadhim, M.A., D.A. Macdonald, D.T. Goodhead et al. Transmission of chromosomal instability after plutonium  $\alpha$ -particle irradiation. Nature 355. 1992. P. 738-740.

### Резюме

В статье приводятся результаты цитогенетического исследования мышевидных грызунов, обитающих вблизи хвостохранилища Степногорского горно-химического комбината. Установлена, высокая степень цитогенетической нестабильности в метафазных пластинках костного мозга мышевидных грызунов.

### Summary

Results of cytogenetically researches of the mice near uranium-mining enterprises Stepnogorsk are submitted in mountain-chemical combine were presented in this article. High level of cytogenetical instability in somatic cells of mice which were bred on the pastures within near uranium-mining enterprises for several generations may be caused by chronic radiation in low doses.