

© Ф.Т. Чшиева

ГБОУ ВПО СОГМА Минздрава
России, ЦНИЛ, Владикавказ

✿ Представлены результаты изучения частот и спектра aberrаций хромосом в 48-часовых культурах лимфоцитов периферической крови жителей, контактирующих с вредными факторами. У лиц, имеющих профессиональные вредности, выявлено статистически значимое увеличение частоты клеток с хромосомными aberrациями по сравнению с группой контроля ($5,2 \pm 0,3$ и $2,4 \pm 0,3$ соответственно). Наибольшая частота клеток со структурными нарушениями была отмечена у рабочих металлургического предприятия ($6,3 \pm 0,6$).

✿ **Ключевые слова:** хромосомные aberrации; кластогенез; мутагенез.

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЖИТЕЛЕЙ СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ, КОНТАКТИРУЮЩИХ С ВРЕДНЫМИ ФАКТОРАМИ

Многие люди профессионально связаны с вредными веществами и контактируют на рабочем месте с опасными для здоровья, в том числе мутагенными и канцерогенными факторами (Бочков и др., 1993; Бочков, Чеботарев, 1989; Дурнев, Середенин, 1998; Garsia-Leston et al., 2012; Singh et al., 2013; Sram et al., 2004; Rossner, 2011). В результате происходит рост заболеваемости, в частности онкологической, особенно у людей, непосредственно занятых в производственной сфере (Дудкина с соавт., 2011). Промышленные генотоксические загрязнители могут представлять опасность не только для лиц, непосредственно контактирующих с ними, но и для людей, проживающих в районе источника этих вредностей (Бочков, Чеботарев, 1989; Минина с соавт., 2009).

Цитогенетические маркеры являются наиболее часто используемыми в биомониторинговых исследованиях и широко используются для оценки влияния профессиональных, экологических и медицинских факторов на стабильность генома (Бочков, Чеботарев, 1989; Battershill et al., 2008; Sram et al., 2004). Показано, что цитогенетические нарушения могут быть использованы для прогнозирования потенциального риска развития онкологических заболеваний (Минина с соавт., 2009; Bonassi et al., 2000; Hagmar et al., 1998; Fucic et al., 2007; Smerhovskya et al., 2002). Оценка рисков особенно актуальна у лиц, занятых в производственной сфере, и в регионах с неблагоприятной экологической ситуацией. В центре г. Владикавказ расположено несколько металлургических предприятий, на одном из которых осенью 2009 года произошла авария, в результате которой в течение многих месяцев осуществлялись аварийные выбросы токсичных веществ в окружающую среду.

Целью данной работы было определение уровней хромосомных aberrаций в культуре лейкоцитов периферической крови жителей Северной Осетии (РСО-А), профессионально связанных с вредными факторами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Цитогенетический анализ проведен в крови 52 человек, из них 18 жителей РСО-А, не связанных профессионально с вредными факторами и не проживающих в промышленном районе (внезаводской контроль). Для анализа генотоксических эффектов в лимфоцитах лиц, работающих с вредными веществами, обследовано 29 человек: 11 доноров — рабочие металлургического предприятия ООО «Электроцинк», на котором произошла аварийная ситуация, подверженные профессионально комплексу неблагоприятных факторов; 12 человек — жители РСО-А, работающие с химическими веществами: из них 7 сотрудников химического факультета и 5 сотрудников научно-исследовательского института электронных материалов; 6 работников, связанных с другими вредными факторами (электросварщики и др.). Группу работников административных подразделений (внутризаводской контроль) составили 5 бухгалтеров ООО «Электроцинк», рабочее место которых находилось на заводской территории.

Половозрастная характеристика обследованных групп представлена в таблице 1. Цитогенетическое исследование проводили на препаратах метафазных хромосом лимфоцитов периферической крови, культивируемых в условиях *in vitro*, в соответствии со стандартной процедурой (Бочков, 1974). Цельную кровь (1 мл) культивировали макрометодом в культуральной смеси, состоящей из среды RPMI 1640 («Sigma») — 7,5 мл, эмбриональной

Поступила в редакцию 15.05.2013
Принята к публикации 26.06.2014

Таблица 1

Половозрастная характеристика исследованных групп жителей РСО-А

Обследуемые группы работников	Количество обследованных			Средний возраст ($X \pm S_x$)		
	всего	мужчин	женщин	всего	мужчин	женщин
Внезаводской контроль	18	4	14	$30 \pm 2,2$	$40 \pm 1,3$	$27 \pm 2,0$
Связанные с вредными веществами	29	14	15	$44 \pm 2,5$	$37 \pm 2,1$	$52 \pm 3,6$
Рабочие ООО «Электроцинк»	11	7	4	$44 \pm 4,6$	$37 \pm 3,2$	$56 \pm 9,2$
Работающие с химическими веществами	12	3	9	$46 \pm 4,0$	$32 \pm 3,8$	$51 \pm 4,3$
Прочие, связанные с вредными веществами	6	5	1	$41 \pm 3,3$	$39 \pm 3,8$	47
Работники административных подразделений ООО «Электроцинк»	5	—	5	$32 \pm 5,9$	—	$32 \pm 5,9$

сыворотки («BioClot») — 1,5 мл в пробирках объемом 15 мл. Для стимуляции деления клеток использовали фитогемагглютинин («ПанЭко») — 0,01 мг. Фиксацию клеточного материала осуществляли на 48-м часу культивирования. За 2 часа до фиксации в культуры добавляли колхицин (50 мкл), по окончании культивирования клетки обрабатывали гипотоническим раствором 0,55 % KCl при 37° в течение 15 мин. Фиксацию клеточного материала проводили в трех сменах охлажденного этанол-уксусного фиксатора (3:1). Клеточную суспензию

раскапывали на охлажденные предметные стекла, высушивали, шифровали и окрашивали 2 %-м раствором красителя Гимза. На каждого донора анализировали от 100 до 300 метафаз, на которых учитывали процент клеток с аберрациями хромосом; число одиночных фрагментов, хроматидных обменов, парных фрагментов и хромосомных обменов. Ахроматические пробелы в число аберраций не включали и учитывали отдельно (Бочков, 1974). Всего проанализировано 8870 метафазных пластинок. Статистическую обработку фактически-

Таблица 2

Частота и спектр хромосомных аберраций в клетках крови работников, связанных с вредными веществами ($M \pm SEM, \%$)

Обследуемые группы	Число обследованных	Количество проанализированных метафаз	Метафаз с аберрациями ($M \pm m$), %	Частота (%) клеток с аберрациями типа				Пробелы (%)	Полипloidия (%)	Частота клеток, содержащих более 1 ХА (%)
				Одиночные фрагменты	Хроматидные обмены	Парные фрагменты	Хромосомные обмены			
Внезаводской контроль	18	2480	$2,4 \pm 0,27$	$1,5 \pm 0,33$	$0,04 \pm 0,06$	$0,3 \pm 0,14$	$0,6 \pm 0,22$	$1,2 \pm 0,44$	$0,2 \pm 0,10$	$0,04 \pm 0,06$
Связанные с вредными веществами	29	5390	$5,2 \pm 0,3^*$	$2,1 \pm 0,36^*$	$0,2 \pm 0,10$	$1,4 \pm 0,29^*$	$1,5 \pm 0,45^*$	$1,0 \pm 0,41$	$0,4 \pm 0,24$	$0,4 \pm 0,15^{**}$
Рабочие ООО «Электроцинк»	11	1810	$6,3 \pm 0,6^*$	$2,4 \pm 0,61^{**}$	$0,2 \pm 0,51$	$1,2 \pm 0,45^{**}$	$2,3 \pm 0,52^*$	$0,7 \pm 0,48$	$0,4 \pm 0,30$	$0,4 \pm 0,28$
Работающие с химическими веществами	12	2450	$4,7 \pm 0,4^*$	$1,8 \pm 0,57^{**}$	$0,2 \pm 0,19$	$1,4 \pm 0,46^*$	$1,3 \pm 0,88^{***}$	$1,1 \pm 0,76$	$0,3 \pm 0,42$	$0,4 \pm 0,24^{**}$
Прочие, связанные с вредными веществами	6	1130	$4,1 \pm 0,6^{**}$	$2,0 \pm 0,87^{***}$	$0,2 \pm 0,21$	$1,3 \pm 0,50^{**}$	$0,8 \pm 0,62$	$1,3 \pm 0,99$	$0,4 \pm 0,67$	$0,3 \pm 0,22$
Внутризаводской контроль: работники административных подразделений ООО «Электроцинк»	5	1000	$5,3 \pm 0,7^*$	$2,7 \pm 1,71^{***}$	—	$1,8 \pm 1,08^{**}$	$1,5 \pm 0,44^{**}$	$0,7 \pm 0,68$	—	$0,8 \pm 0,51^{**}$

отличие от внезаводского контроля достоверно по критерию Манна–Уитни: * — $p < 0,001$, ** — $p < 0,01$, *** — $p < 0,05$

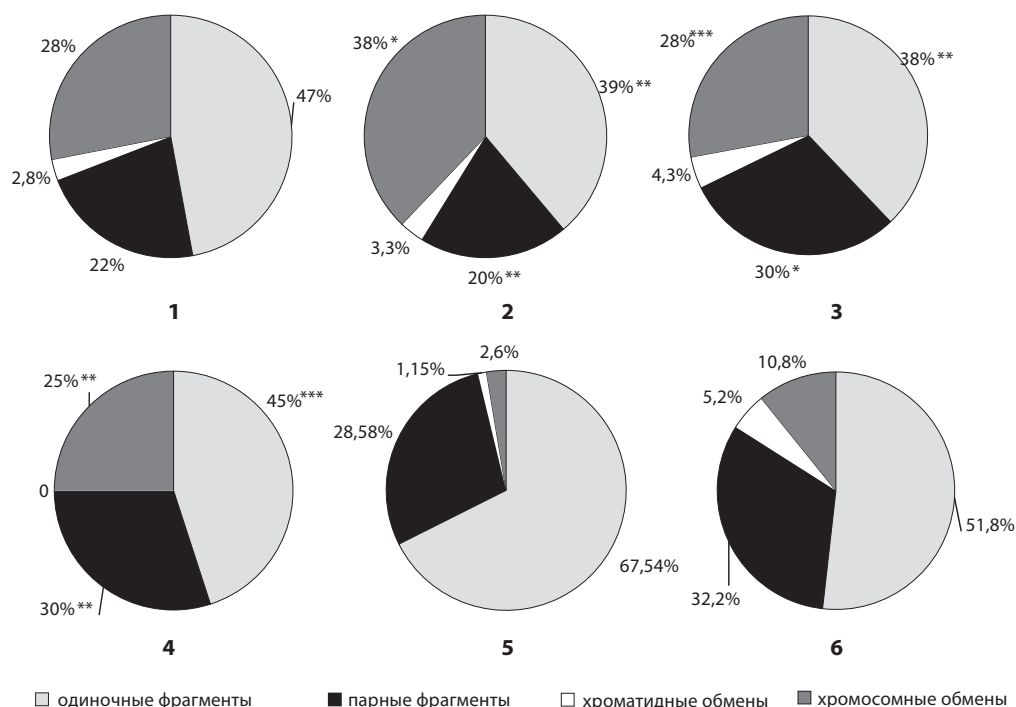


Рис. 1. Спектр хромосомных aberrаций в крови жителей Северной Осетии (PCO-A, 2010 г.) и жителей Кемеровской области (Дружинин, 2003.): 1 — жители PCO-A, не связанные с вредными веществами, 2 — рабочие ООО «Электроцинк», 3 — жители PCO-A, работающие с химическими веществами, 4 — работники административных подразделений ООО «Электроцинк», 5 — жители Кемеровской области (контроль), 6 — работники алюминиевого завода Кемеровской области. Отличие от жителей, не связанных с вредными веществами, достоверно по критерию Манна-Уитни: * — $p < 0,001$, ** — $p < 0,01$, *** — $p < 0,05$

го материала проводили с помощью программ «Microsoft Office Excel 2007» и «StatPlus 2009». Сравнение групп осуществлялось с помощью непараметрического рангового U-теста Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Средняя частота клеток с aberrациями и средняя частота отдельных типов aberrаций в культурах лимфоцитов лиц с профессиональными вредностями и доноров контрольной группы представлены в таблице 2. Результаты проведенного цитогенетического анализа показали статистически значимое повышение средней частоты aberrантных клеток у работников, контактирующих с вредными факторами ($5,2 \pm 0,3$), по сравнению с жителями Северной Осетии, не связанными с вредными веществами ($2,4 \pm 0,3$; $p < 0,001$). Согласно представленным данным, наибольшей мутагенной нагрузке, из работающих с вредными веществами, подвергаются рабочие металлургического предприятия и работающие с химическими веществами. В этих группах не только зафиксировано увеличение частоты aberrантных клеток ($p < 0,001$), но значительно увеличилось количество клеток содержащих более 1 aberrации (табл. 2).

В результате сравнения средних частот клеток с aberrациями в группах работников административных под-

разделений и рабочих статистически значимые различия не выявлены. В группе внутривзаводского контроля (работники административных подразделений ООО «Электроцинк») показано достоверное увеличение средней частоты aberrантных метафаз (табл. 2; $p < 0,001$) по сравнению с лицами, не связанными с профессиональными вредностями (внезаводской контроль), что, видимо, связано с непосредственной близостью рабочего места обследованных с металлургическими цехами, осуществляющими аварийные выбросы в атмосферу.

Полученные, в результате проведенного цитогенетического обследования данные об увеличении количественных показателей частот клеток с хромосомными aberrациями у работников, имеющих профессиональные вредности, согласуются с известными исследованиями других авторов (Бочков с соавт., 1993; Савченко с соавт., 2008; Grover et al., 2010; Fucic et al., 2007; Sram et al., 2004; Musak et al., 2008).

В результате проведенных исследований между обследуемыми группами лиц, имеющих контакт с вредными факторами, обнаружены различия по частоте отдельных типов хромосомных aberrаций, была выявлена специфика в спектре aberrаций, которая проявлялась в соотношении хроматидных и хромосомных фрагментов (табл. 2, рис. 1, $p < 0,001$). Зарегистрированное увеличе-

ние доли aberrаций хромосомного типа у рабочих можно объяснить тем, что в ходе их профессиональной деятельности они подвергаются комплексу неблагоприятных факторов: используется минеральное сырье, приходится контактировать с высокими температурными воздействиями и электромагнитными излучениями и др. В литературе (Дружинин, 2003 а, 2003 б) есть сведения о том, что в производственных выборках наблюдается изменение соотношения разных типов aberrаций и стабильно регистрируется увеличение доли обменов и фрагментов хромосомного типа, что подтверждается полученными нами данными (рис. 1).

В результате анализа частоты клеток с хромосомными aberrациями у работников, связанных с вредными веществами, в зависимости от их пола и возраста заметных различий обнаружено не было.

Таким образом, проведенные после аварии на металлургическом предприятии исследования показали, что средняя частота aberrантных метафаз среди рабочих достоверно выше, чем у лиц, работающих в административной службе того же предприятия (внутризаводской контроль), и достоверно выше, чем у жителей не связанных с вредными веществами профессионально (внезаводской контроль). Превышение частоты клеток с хромосомными aberrациями у работников металлургического предприятия по сравнению со спонтанным уровнем свидетельствует о неблагоприятном воздействии комплекса производственных факторов на генетический аппарат работающих.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бочков Н. П. (1974) Метод учета хромосомных повреждений как биологический индикатор влияния факторов внешней среды на человека. М.: Наука.
2. Бочков Н. П., Сапачева В. А., Филиппова Т. В. и др. (1993) Цитогенетическое обследование рабочих производства резины. Медицина труда и промышленная экология. № 5–6. С. 12–14.
3. Бочков Н. П., Чеботарев А. Н. (1989) Наследственность человека и мутагены внешней среды. М.: Медицина.
4. Дурнев А. Д., Серединин С. Б. (1998) Мутагены — скрининг и фармакологическая профилактика воздействий. М.: Медицина.
5. Дудкина О. А., Минина В. И., Ларин С. А. и др. (2011) Канцерогены производственной среды и онкологическая заболеваемость на углеперерабатывающих производствах Кузбасса. Политравма. № 1. С. 91–97.
6. Дружинин В. Г. (2003 а) Хромосомные нарушения у населения крупного промышленного региона: пространственно-временной цитогенетический мониторинг: Дисс... док. биол. наук. Москва.
7. Дружинин В. Г. (2003 б) Количественные характеристики частоты хромосомных aberrаций в группе жителей крупного промышленного региона Западной Сибири. Генетика. Т. 39: № 10. С. 1373–1380.
8. Дружинин В. Г., Мокрушина Н. В., Минина В. И., Волков А. Н. (2003) Генотоксические эффекты у работников горно-обогатительного производства. Медицина труда и промышленная электроника. № 12. С. 16–20.
9. Минина В. И., Дружинин В. Г., Глушков А. Н. и др. (2009) Количественные характеристики частоты хромосомных aberrаций у жителей районов с различным уровнем онкологической заболеваемости. Генетика. Т. 45: № 2. С. 239–246.
10. Савченко Я. А., Дружинин В. Г., Минина В. И. и др. (2008) Цитогенетический анализ генотоксических эффектов у работников теплоэнергетического производства. Генетика. Т. 44: № 6. С. 857–862.
11. Battershill J. M., K. Burnett and S. Bull. (2008) Factors affecting the incidence of genotoxicity biomarkers in peripheral blood lymphocytes: impact on design of biomonitoring studies. Mutagenesis. P. 1–15.
12. Bonassi S., Hagman L., Stromberg U. et al. (2000) Chromosomal aberrations in lymphocytes predict human cancer independently of exposure to carcinogens. European Study Group on Cytogenetic Biomarkers and Health. Cancer Research. Vol. 60. P. 1619–1625.
13. Garsia-Leston J, Romma-Torres J, Vilares M. et al (2012) Genotoxic effects of occupational exposure to lead and influence of polymorphisms in genes involved in lead toxicokinetics and in DNA repair. Environment International. P. 29–36.
14. Grover P, Rekhadevi PV, Danadevi K et al (2010) Genotoxicity evaluation in workers occupationally exposed to lead. Int. J. Hyg. Environ. Health. P. 99–106.
15. Hagmar L. et al and the European Study Group on Cytogenetic Biomarkers and Health (1998) Chromosomal Aberrations in Lymphocytes Predict Human Cancer: A Report from the European Study Group on Cytogenetic Biomarkers and Health (ESCH). Cancer Research. Vol. 58. P. 4117–4121.
16. Fucic A., Znoar A., Strnad M. et al (2007) Chromosome damage and cancer risk in the workplace: the example of cytogenetic surveillance in Croatia. Toxicol Lett. Vol. 172 (1–2). P. 4–11.
17. Rossner P. Jr., Rossnerova A., Sram R. J. (2011) Oxidative stress and chromosomal aberrations in an environmentally Exposed population. Mutation Research. Vol. 707. P. 34–41.
18. Singh Z., Chadha P. and Sharma S. (2013) Evaluation of Oxidative Stress and Genotoxicity in Battery Manufacturing Workers Occupationally Exposed to Lead. Toxicol Int. P. 95–100.
19. Sram R. J., Rossner P., Smerhovsky Z. (2004) Cytogenetic analysis and occupational health in the Czech Republic. Mutation Research. Vol. 566. P. 21–48.

20. Smerhovskya Z., Landaa K., Rossner P. et al. (2002) Increased risk of cancer in radon-exposed miners with elevated frequency of chromosomal aberrations. *Mutation Research*. Vol. 514. P. 165–176.
21. Musak L., Soucek P., Vodickova L. et al. (2008) Chromosomal aberrations in tire plant workers and interaction with polymorphisms of biotransformation and DNA repair genes. *Mutation Research*. Vol. 641 (1–2) P. 36–42.
4. Bochkov N.P., Sapacheva V.A., Filippova T.V. i dr. (1993) Citogeneticheskoe obsledovanie rabochih proizvodstva reziny [Cytogenetic inspection of workers of production of rubber]. *Medicine of work and industrial ecology*. V. 5–6: P. 12–14.
5. Bonassi S., Hagman L., Stromberg U. et al. (2000) Chromosomal aberrations in lymphocytes predict human cancer independently of exposure to carcinogens. European Study Group on Cytogenetic Biomarkers and Health. *Cancer Research*. Vol. 60. P. 1619–1625.

CYTOGENETIC ANALYSIS OF RESIDENTS OF NORTH OSSETIA CONTACTING WITH TOXIC FACTORS

Chshiyeva F. T.

✿ **SUMMARY: Background.** The use of cytogenetic assays in the surveillance of populations occupationally exposed to a variety of xenobiotics originates from the assumption that chromosomal alterations might be causally involved in early stages of carcinogenesis.

Materials and methods. This study was designed to assess genotoxic damage in somatic cells of workers contacting with harmful factors after the accident in metallurgical plant. The study was conducted on 29 workers (with the mean age of 44 ± 2.5) performing various jobs with harmful factors. Control group was recruited from occupationally unexposed individuals and comprised 18 persons with the mean age of 30 ± 2.2 and inplant control was 5 employees from metallurgical plant (accountants) with the mean age of 32 ± 5.9 . Chromosome aberration analysis was performed on peripheral blood lymphocytes, cultures were incubated for 48h.

Results. Among the residents with occupational hazards, a statistically significant increase of the frequency of the cells with chromosome aberrations in comparison with the control group (5.2 ± 0.3 and 2.4 ± 0.3 , respectively). The highest frequency of cells with structural abnormalities was observed among steel plant workers (6.3 ± 0.6).

Conclusion. Our findings suggest that in peripheral blood lymphocytes of residents contacting with harmful factors may induce clastogenic effects, indicating a potential health risk in populations of workers. A high average frequency of metaphases with aberrations and characterization of quality spectrum of cytogenetically violations is an indication of adverse environmental conditions which have developed after the accident.

✿ **KEY WORDS:** chromosomal aberrations; clastogenesis; mutagenesis; risk factors; heavy metals.

✿ REFERENCES (TRANSLITERATED)

1. Battershill J.M., K. Burnett and S. Bull. (2008) Factors affecting the incidence of genotoxicity biomarkers in peripheral blood lymphocytes: impact on design of biomonitoring studies. *Mutagenesis*. P. 1–15.
2. Bochkov N.P. (1974) Metod ucheta hromosomnyh povrezhdenij kak biologi-cheskij indikator vlijaniya faktorov vneshnej sredy na cheloveka. [The Method of the accounting of chromosomal damages as the biological indicator of influence of factors of environment on the person]. M.: Science.
3. Bochkov N.P., Chebotarev A.N. (1989) Nasledstvennost' cheloveka i mutageny vneshnej sredy [Heredity of the person and environment mutagens]. M.: Medicina.
4. Bochkov N.P., Sapacheva V.A., Filippova T.V. i dr. (1993) Citogeneticheskoe obsledovanie rabochih proizvodstva reziny [Cytogenetic inspection of workers of production of rubber]. *Medicine of work and industrial ecology*. V. 5–6: P. 12–14.
5. Bonassi S., Hagman L., Stromberg U. et al. (2000) Chromosomal aberrations in lymphocytes predict human cancer independently of exposure to carcinogens. European Study Group on Cytogenetic Biomarkers and Health. *Cancer Research*. Vol. 60. P. 1619–1625.
6. Druzhinin V.G. (2003) Hromosomnye narusheniya u naseleniya krupnogo promyshlennogo regiona: prostanstvenno-vremennoj citogeneticheskij monitoring [Chromosomal violations at the population of the large industrial region: existential cytogenetic monitoring]. Diss... dok. biol. sciences. Moscow.
7. Druzhinin V.G. (2003) Kolichestvennyye karakteristiki chastoty hromo-somnyh aberracij v gruppe zhitelej krupnogo promyshlennogo regiona Zapadnoj Sibiri [Quantitative characteristics of frequency of chromosomal aberrations in group of inhabitants of the large industrial region of Western Siberia]. *Genetics*. V. 39 (10): P. 1373–1380.
8. Druzhinin V.G., Mokrushina N.V., Minina V.I., Volkov A.N. (2003) Genotok-sicheskie jeffekty u rabotnikov gorno-obogatitel'nogo proizvodstva [Genotoxic effects at workers mountain productions]. *Medicine of work and industrial electronics*. V. 12: P. 16–20.
9. Dudkina O.A., Minina V.I., Larin S.A. i dr. (2011) Kancerogeny proizvodstvennoj sredy i onkologicheskaja zaboлеваemost' na uglepererabaty-vajushchih proizvodstvah Kuzbassa [Carcinogens of the production environment and oncological incidence on the uglepererabaty-vayushchikh productions of Kuzbass]. *Polytrauma*. V. 1: P. 91–97.
10. Durnev A.D., Seredenin S.B. (1998) Mutageny – skringing i farmakologi-cheskaja profilaktika vozdeystvij [Mutagens – screening and pharmacological prevention of influences]. M.: Medicina.
11. Fucic A., Znoar A., Strnad M. et al (2007) Chromosome damage and cancer risk in the workplace: the example of cytogenetic surveillance in Croatia. *Toxicol Lett*. Vol. 172(1–2). P. 4–11.
12. Garsia-Leston J, Romma-Torres J, Vilares M. et al (2012) Genotoxic effects of occupational exposure to lead and influence of polymorphisms in genes involved in lead toxicokinetics and in DNA repair. *Environment International*. P. 29–36.
13. Grover P, Rekhadevi PV, Danadevi K et al (2010) Genotoxicity evaluation in workers occupationally exposed to lead. *Int. J. Hyg. Environ. Health*. P. 99–106.

14. Hagmar L. et al and the European Study Group on Cytogenetic Biomarkers and Health (1998) Chromosomal Aberrations in Lymphocytes Predict Human Cancer: A Report from the European Study Group on Cytogenetic Biomarkers and Health (ESCH). *Cancer Research*. Vol. 58. P. 4117–4121.
15. Minina V.I., Druzhinin V.G., Glushkov A.N. i dr. (2009) Kolichestvennyye harakteristiki chastoty hromosomnyh aberracij u zhitelej rajonov s razlichnym urovnem onkologicheskoy zabolevaemosti [Quantitative characteristics of frequency of chromosomal aberrations at inhabitants of areas with various level of oncological incidence]. *Genetics*. V. 45 (2): P. 239–246.
16. Musak L., Soucek P., Vodickova L. et al (2008) Chromosomal aberrations in tire plant workers and interaction with polymorphisms of biotransformation and DNA repair genes. *Mutation Research*. Vol. 641(1–2) P. 36–42.
17. Rossner P. Jr., Rossnerova A., Sram R.J. (2011) Oxidative stress and chromosomal aberrations in an environmentally Exposed population. *Mutation Research*. Vol. 707. P. 34–41.
18. Savchenko Ja.A., Druzhinin V.G., Minina V.I. i dr. (2008) Citogeneticheskij analiz genotoksicheskikh jeffektov u rabotnikov teplojenergeticheskogo proizvodstva [Cytogenetic analysis the genotoxic effects at workers of heat power production]. *Genetics*. V. 44 (6): P. 857–862.
19. Singh Z., Chadha P. and Sharma S. (2013) Evaluation of Oxidative Stress and Genotoxicity in Battery Manufacturing Workers Occupationally Exposed to Lead. *Toxicol Int*. P. 95–100.
20. Smerhovskya Z., Landaa K., Rossner P. et al. (2002) Increased risk of cancer in radon-exposed miners with elevated frequency of chromosomal aberrations. *Mutation Research*. Vol. 514. P. 165–176.
21. Sram R.J., Rossner P., Smerhovsky Z. (2004) Cytogenetic analysis and occupational health in the Czech Republic. *Mutation Research*. Vol. 566. P. 21–48.

✿ Информация об авторах

Чшиева Фатима Таймуразовна — к. б. н., младший научный сотрудник, ЦНИЛ. ГБОУ ВПО СОГМА Минздрава России. 362003, Владикавказ, Тенгинская ул., д. 46. E-mail: Fa-2009@yandex.ru.

Chshiyeva Fatima Taymurazovna — Researcher, Central scientific laboratory. NOSMA. 362003, Vladikavkaz, Tenginskaya St., 46. E-mail: Fa-2009@yandex.ru.