

УДК: 575:224. 23

## ИЗМЕНЕНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА КАНЦЕРОГЕННЫЕ И МУТАГЕННЫЕ ЭФФЕКТЫ У ГОРОЖАН

© 2014 Р.А.Титов<sup>1</sup>, В.И. Минина<sup>2</sup>, Ю.Е. Кулемин<sup>1</sup>, Т.А. Головина<sup>2</sup>, С.А. Мун<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт экологии человека СО РАН, г. Кемерово

<sup>2</sup> Кемеровский государственный университет

Поступила в редакцию 04.09.2014

Изучены официальные данные о состоянии атмосферного воздуха в крупном промышленном центре Западной Сибири г. Кемерово с 1990 по 2012 гг. Проведен анализ загрязнения атмосферного воздуха от стационарных источников с 1990 по 2000 гг. и с 2001 по 2012 гг. Установлено снижение валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух г. Кемерово с 2001 по 2012 гг. по сравнению с 1990 по 2000 гг. В результате анализа цитогенетических и эпидемиологических данных, собиравшихся кафедрой генетики КемГУ и сотрудниками ИЭЧ СО РАН (г. Кемерово), было показано уменьшение частоты аберраций хромосом и общее снижение уровня заболеваемости раком легкого у жителей г. Кемерово в период с 2001 по 2012 гг. по сравнению с периодом с 1990 по 2000 гг., что согласуется со снижением количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Ключевые слова: *промышленный город, загрязнение окружающей среды, хромосомные аберрации, рак легкого*

Город Кемерово – крупный промышленный, административный и культурный центр Кузбасса, узел шоссейных и железнодорожных линий. Расположен на юго-востоке Западной Сибири в центре Кузнецкой котловины. Территория г. Кемерово характеризуется высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Основными источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу являются: Кузбасский филиал «Кузбассэнерго», КОАО «Азот», ОАО «Спектр», АФ «Токем», АК «Химволокно», ОАО «Кокс», ОАО «Химпром». Выбросы данных предприятий изменяются год от года, что связано как с изменением экономической ситуации (и соответственно со спадом или подъёмом производства) и с ужесточением экологического контроля, внедрением новых современных способов очистки выбросов. Несмотря на существующую тенденцию к улучшению экологической ситуации в целом, в г. Кемерово суммарный уровень загрязнений атмосферного воздуха

остаётся высоким. Это представляет непосредственную угрозу для здоровья населения. Особенно чувствительной мишенью для повреждающего действия данных веществ является ДНК человека. Существуют методы, позволяющие оценивать генотоксические эффекты воздействия комплекса веществ на организм человека. К ним относится, в частности, тест на хромосомные аберрации (ХА) в лимфоцитах крови. В ряде работ показано, что уровень ХА повышен у жителей городов с развитой промышленностью [1, 3, 4]. Было установлено, что накопление ХА в соматических клетках существенно увеличивает риск формирования онкопатологии [8, 9].

В Кемеровской области созданы и постоянно пополняются базы цитогенетических данных и онкологической заболеваемости населения. Представляется возможным проследить динамику изменения данных параметров на протяжении более, чем 25 лет, и сопоставить ее с изменением экологической ситуации в городе. Среди различных форм онкопатологии первое место по заболеваемости и смертности в Кемеровской области занимает рак легкого (РЛ). В этиологии этого заболевания ведущую роль играет вдыхание воздуха, насыщенного канцерогенными веществами, поэтому именно эта нозология была выбрана нами для сравнительного анализа.

*Титов Руслан Александрович, аспирант. E-mail: ruslan-tito00@rambler.ru*

*Минина Варвара Ивановна, кандидат биологических наук, доцент кафедры генетики. E-mail: vtminina@mail.ru*

*Кулемин Юрий Евгеньевич, аспирант*

*Головина Татьяна Александровна, инженер-технолог кафедры генетики*

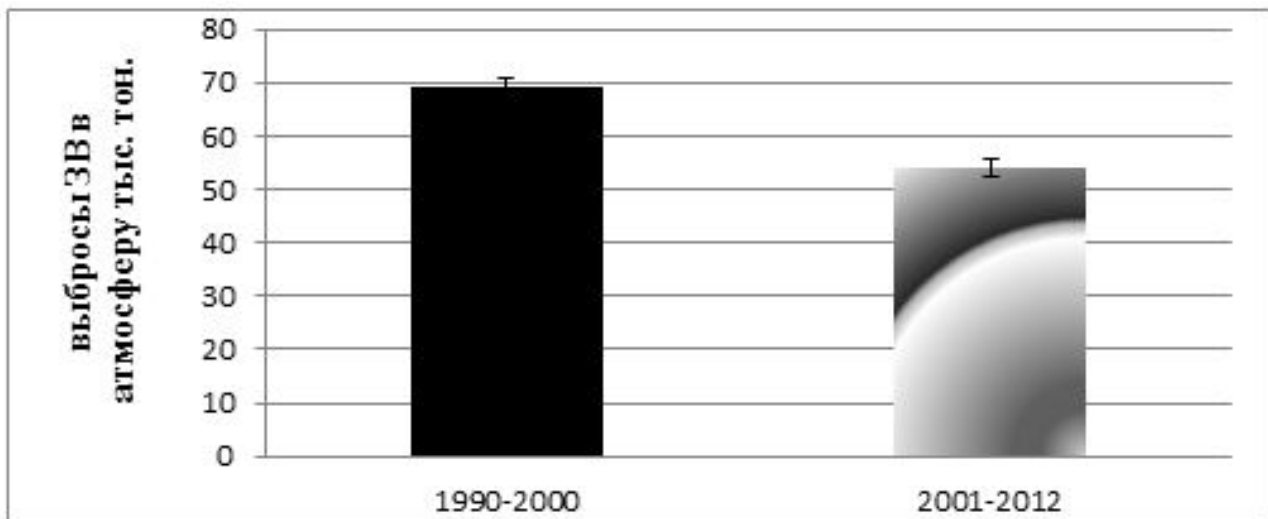
*Мун Стелла Андреевна – кандидат медицинских наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории иммуногенетики*

**Цель работы:** проанализировать техногенные выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух в г. Кемерово за два периода: 1990-2000 гг. и 2001-2012 гг. и сопоставить с динамикой уровня ХА у населения и заболеваемостью РЛ в те же временные промежутки.

**Материалы и методы.** Анализ состояния окружающей среды в г. Кемерово проводили на основании данных, представленных в ежегодных государственных докладах « О состоянии окружающей среды в Кемеровской области » и статистических сборников « Охрана окружающей среды в Кемеровской области » (2-ТП Воздух). Материалом для анализа динамики кластогенных эффектов послужили результаты цитогенетических исследований, выполненных кафедрой генетики Кемеровского госуниверситета и лабораторией цитогенетики Института экологии человека СО РАН в период 1986-2013 гг. Были

проанализированы данные для 668 человек, проживающих в г. Кемерово, и профессионально не контактирующих с промышленными генотоксикантами. Материалом для анализа заболеваемости РЛ в г. Кемерово послужили официально опубликованные данные, любезно предоставленные авторами [2, 6, 7]. Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета прикладных программ STATISTICA for Windows 6.0.

**Результаты и обсуждение.** Техногенное загрязнение атмосферы г. Кемерово в 1990-2012 гг. В результате анализа динамики выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферный воздух г. Кемерово было установлено, что объем валовых выбросов ЗВ от стационарных источников в период с 2001-2012 гг. по сравнению с 1990 по 2000 гг. снизился на 15,206 тыс. т, т.е. на 22 % (рис. 1).



**Рис. 1.** Изменение техногенных валовых выбросов ЗВ в атмосферу в г. Кемерово за два периода

Чтобы оценить качественный спектр загрязнения атмосферы использовались данные по 18 загрязнителям (табл. 1). При сравнении среднегодовых концентраций ЗВ в двух изучаемых периодах статистически значимые различия были получены по аммиаку, фенолу, формальдегиду, оксиду азота, диоксиду азота, диоксиду серы и бензо(а)пирену. Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха г. Кемерово (наиболее значительное превышение ПДК) вносят формальдегид, диоксид азота, аммиак, сажа, бенз(а)пирен, оксид углерода и сероуглерод. В период 2001-2012 гг. наблюдается статистически значимое уменьшение содержания в атмосфере г. Кемерово фенола ( $p=0,002$ ), аммиака ( $p=0,02$ ), формальдегида ( $p=0,0002$ ) и бенз(а)пирена ( $p=0,03$ ).

Помимо уменьшения концентрации ряда загрязняющих веществ в период 2001-2012 гг.

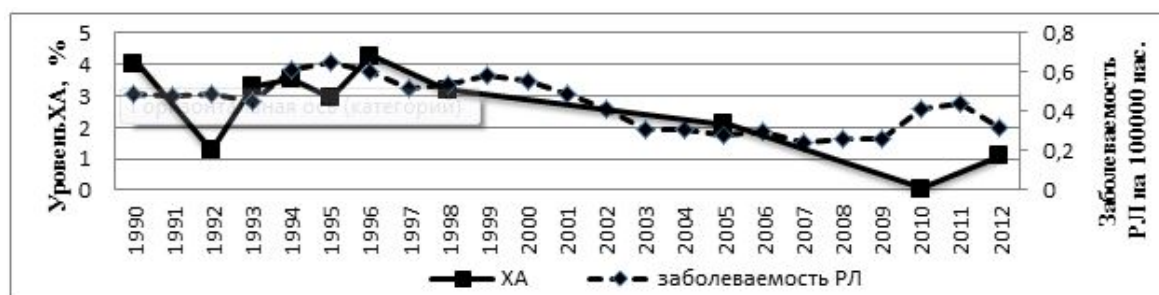
так же наблюдается статистически значимое увеличение содержания в атмосфере г. Кемерово диоксида азота ( $p=0,0007$ ), диоксида серы ( $p=0,00007$ ) и оксида азота ( $p=0,04$ ) по сравнению с периодом 1988-2000 гг. Данные соединения обладают слабой мутагенной активностью. Повышение их концентрации в атмосфере города связано, главным образом, с интенсификацией работы трех предприятий города, вырабатывающих электроэнергию: Кемеровская ТЭЦ, Кемеровская ГРЭС, Ново-Кемеровская ТЭЦ.

**Характеристика динамики ХА и заболеваемости РЛ в г. Кемерово в 1990-2012 гг.** Следующим этапом работы стал анализ динамики уровня ХА и заболеваемости РЛ с 1990 по 2012 гг. На рис. 2 наглядно видна тенденция к падению уровня ХА и заболеваемости РЛ, начиная с 1998 г.

**Таблица 1.** Сводная таблица по загрязняющим веществам, присутствующим в атмосфере г. Кемерово

Загрязняющие вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	класс опасности	Среднегодовая концентрация, мг/м <sup>3</sup>		Критические органы и системы при хроническом воздействии
			1990-2000	2001-2012	
аммиак	0,04	4	0,0967	0,0598*	органы дыхания
формальдегид	0,003	2	0,0115	0,007*	органы дыхания, глаза, иммунитет
фенол	0,003	2	0,002	0,0011*	ССС, почки, печень, ЦНС, органы дыхания
диоксид азота	0,04	2	0,0425	0,0557*	органы дыхания
сажа	0,05	3	0,0741	0,059	органы дыхания, системные нарушения, зубы
диоксид серы	0,05	3	0,0033	0,007*	органы дыхания
диметиламин	0,05	2	0,0007	0,0014	органы дыхания, печень, почки
оксид углерода	0,05	4	0,9881	0,7646	кровь, ССС, развитие, ЦНС
бенз(а)пирен	0,01	1	0,4523	0,3453*	рак, иммунитет, развитие
хлористый водород	0,1	2	0,1874	0,053	органы дыхания
сероуглерод	0,005	2	0,0137	0,009	ЦНС, развитие
оксид азота	0,06	2	0,0307	0,0385*	ЦНС
серная кислота	0,1	2	0,0697	0,0475	органы дыхания
метанол	0,5	3	0,0261	0,0167	развитие
хлор	0,03	2	0,0059	0,0024	органы дыхания
анилин	0,03	2	0,0027	0,0072	селезенка, кровь, ССС
бензол	0,1	2	0,0013	0,0137	развитие, кровь, красный костный мозг, ЦНС, иммунитет, ССС, репродукция
взвешенные вещества	0,15	3	0,0655	0,0926	органы дыхания

Примечание: \*- статистически значимо отличается от периода 1990-2012 (p<0,05)



**Рис. 2.** Уровень ХА и динамика заболеваемости населения РЛ в период с 1988-2012 гг. в г. Кемерово

При разделении данных на периоды, выбранные в данной работе (1990-2000 и 2001-2012 гг.), различия достигают статистической значимости. Так, было установлено статистически значимое снижение частоты ХА в двухтысячные годы ( $1,48 \pm 0,08\%$  против  $3,39 \pm 0,14\%$ ;  $p=0,0000001$ ). При этом суммарный уровень всех хромосомных нарушений снизился как у мужчин ( $1,82 \pm 0,17\%$  против  $3,27 \pm 0,19\%$ ), так и у женщин ( $1,28 \pm 0,19\%$  против  $3,54 \pm 0,20\%$ ), приблизившись к значениям регионального фонового уровня ( $2,85\%$ ), рассчитанного на основе результатов цитогенетического анализа у жителей деревень и поселков, не испытывающих генотоксического давления

окружающей среды [3, 5].

Анализ качественного спектра аберраций показал, что ведущим типом хромосомных нарушений у жителей г. Кемерово являются одиночные и парные фрагменты. В целом преобладали аберрации хроматидного типа (одиночные фрагменты). Было установлено, что в двухтысячные годы произошло значительное снижение частот встречаемости одиночных, парных фрагментов, обменов хроматидного типа и небольшое повышение частоты дицентрических хромосом.

Снижение уровня ХА не могло не повлиять на уровень онкологической заболеваемости.

Исследованиями, проведенными онкоэпидемиологами, было установлено, что показатели онкозаболеваемости населения в г. Кемерово подвержены колебаниям год от года. В период с 2000-2009 гг. отмечено статистически значимое снижение показателей онкозаболеваемости по сравнению с 1990-1999 гг. [7]. Было показано существование прямой корреляции между заболеваемостью населения Кемеровской области РЛ и количеством техногенных выбросов в атмосферу предприятиями базовых отраслей промышленности Кузбасса [2]. На рис.2 видно, что в г. Кемерово за период с 1990 по 2012 гг. показатели заболеваемости РЛ снижаются с 0,49 до 0,26 (на 100000 жителей;  $p=0,0002$ ). При сравнении средних показателей заболеваемости РЛ между двумя периодами (1990-2000 гг. и 2001-2012 гг.) установлено, что показатели заболеваемости РЛ статистически значимо снизились как у мужчин (с 0,99 до 0,63;  $p=0,0005$ ), так и у женщин (с 0,18 до 0,06;  $p=0,002$ ). Наблюдается несовпадение значений по заболеваемости РЛ и

резко сниженным значением уровня ХА в 2010 г. ( $0,59 \pm 0,16\%$ ). Это может быть связано с небольшим объемом выборки, для которой был выполнен цитогенетический анализ ( $n=24$ ).

В целом имеющиеся данные демонстрируют согласованность снижения выбросов ЗВ в атмосферу от стационарных источников после 2000 г. и падения уровня ХА и показателей заболеваемости РЛ у населения г. Кемерово (рис. 3). При анализе зависимостей между загрязнением атмосферного воздуха и уровнем заболеваемости РЛ у жителей г. Кемерово было отмечено наличие статистически значимой положительной корреляции между валовым выбросом загрязняющих веществ в атмосферу г. Кемерово и уровнем заболеваемости РЛ у населения (коэффициент корреляции Спирмена  $r_s=0,77$ ,  $p=0,000035$ ). Положительный коэффициент корреляции выявлен при сопоставлении динамики ХА и уровнем заболеваемости РЛ у населения ( $r_s=0,74$ ;  $p=0,013$ ).

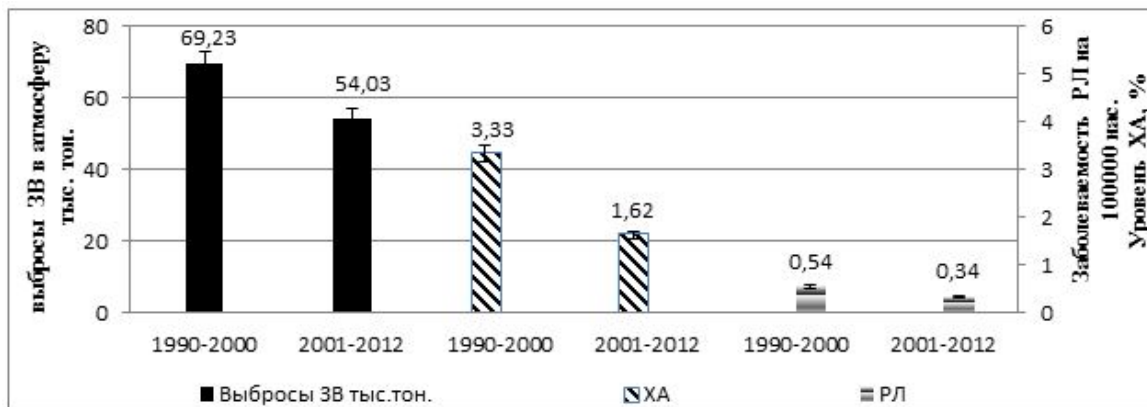


Рис. 3. Средние показатели выбросов ЗВ, ХА и заболеваемости РЛ по г. Кемерово за два периода

**Выводы:** по результатам наблюдения за состоянием атмосферного воздуха и выбросами загрязняющих веществ г. Кемерово за периоды с 1990 по 2000 гг. и 2001 по 2012 гг. можно сделать следующие выводы:

- наблюдается общее снижение выбросов ЗВ в атмосферу от стационарных источников;
- снижение концентрации в атмосфере г. Кемерово наблюдается по 11 ЗВ: фенол, хлористый водород, серная кислота, метанол, хлор, аммиак, формальдегид, оксид углерода, сажа, бенз(а)пирен, сероуглерод;
- наблюдается повышение концентрации в атмосфере г. Кемерово 7 ЗВ: диоксид серы, диоксид азота, оксид азота, диметиламин, анилин, бензол, взвешенные вещества;
- превышения ПДК по среднегодовым показателям присутствуют по 7 загрязняющим веществам: аммиак, формальдегид, сажа,

бенз(а)пирен, оксид углерода, сероуглерод, диоксид азота;

**Благодарности.** Приносим свою благодарность сотрудникам Института экологии человека СО РАН (г. Кемерово) С.А. Ларину, А.Н. Глушкову за предоставление доступа к материалам по онкологической заболеваемости у жителей г. Кемерово и консультации по интерпретации эпидемиологических данных. Также благодарим заведующего кафедрой генетики КемГУ, проректора КемГУ Дружинина В.Г. за доступ к базе цитогенетических данных КемГУ и консультации по её использованию. Благодарим всех сотрудников КемГУ и ИЭЧ СО РАН, принимавших участие в цитогенетических и эпидемиологических исследованиях.

*Исследование проведено при финансовой поддержке гранта РФФИ №13-06-98014 р-Сибирь-а, соглашения №19 с АКО и государственного задания Минобрнауки РФ № 2014/64*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Волков, А.Н. Многолетняя динамика цитогенетических нарушений у подростков из крупного промышленного города / А.Н. Волков, В.Г. Дружинин // Генетика. 2001. Т. 37, №9. С. 1296-1299.
2. Глушков, А.Н. Влияние загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость раком легкого в Кемеровской области / А.Н. Глушков, С.А. Мун, С.А. Ларин и др. // Политравма. 2009. №3. С. 12-14.
3. Дружинин, В.Г. Количественные характеристики частоты хромосомных aberrаций в группе жителей крупного промышленного региона Западной Сибири // Генетика. 2003. Т. 39 (10). С. 1373-1378.
4. Ингель, Ф.И. Связь эмоционального стресса у жителей г. Чапаевска с токсикологическими и генетическими показателями / Ф.И. Ингель, А.М. Прихожан // Гигиена и санитария. 2002. №1. С. 13-19.
5. Минина, В.И. Система оценки регионального фонового уровня хромосомных aberrаций // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т.15. №3(6). С. 1872-1874.
6. Мун, С.А. Техногенное загрязнение воздуха и воды и заболеваемость раком легкого и раком желудка населения Кемеровской области в 1990 – 2010 годы / С.А. Мун, С.А. Ларин, А.Н. Глушков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т.14. №5(2). С. 489-489.
7. Мун, С.А. Статистические методы исследования влияния выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на заболеваемость населения Кемеровской области раком легкого / С.А. Мун, С.А. Ларин, А.Н. Глушков // Сибирский экологический журнал. 2013. №2. С.295-301.
8. Bonassi, S. Chromosomal aberrations in lymphocytes predict human cancer independently of exposure to carcinogens. European Study Group on Cytogenetic Biomarkers and Health / S. Bonassi, L. Hagmar, U. Stromberg et al. // Cancer Res. 2000. Vol. 60. P. 1619-1625.
9. Hagmar, L. Impact of types of lymphocyte chromosomal aberrations on human cancer risk: results from Nordic and Italian cohorts / L. Hagmar, U. Stromberg, S. Bonassi et al. // Cancer Res. 2004. Vol. 64. P. 2258-2263.
10. Russell, P.J. Chromosomal mutations in: B. Cummings (Ed.) // Genetics, Pearson Education Inc. San Francisco, 2002. P. 595-621.

**CHANGE OF TECHNOGENIC POLLUTION IN THE INDUSTRIAL CITY ATMOSPHERE AND ITS INFLUENCE ON CANCEROGENIC AND MUTAGEN EFFECTS AT CITIZENS**

© 2014 R.A. Titov<sup>1</sup>, V.I. Minina<sup>2</sup>, Yu.E. Kulemin<sup>1</sup>, T.A. Golovina<sup>2</sup>, S.A. Mun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Human Ecology SB RAS, Kemerovo

<sup>2</sup> Kemerovo State University

Official data on the atmospheric air state in the large industrial center of Western Siberia Kemerovo city from 1990 to 2012 are studied. The analysis of atmospheric air pollution from stationary sources from 1990 to 2000 and from 2001 to 2012 is carried out. Decrease in total emissions of polluting substances in atmospheric air of Kemerovo city from 2001 to 2012 in comparison with 1990 for 2000 is established. As a result of cytogenetic and epidemiological data analysis, gathering by genetics department of Kemerovo state university and employees of Institute of human ecology SB RAS, showed reduction of frequency of chromosomes aberrations and total decrease in lung cancer incidence at inhabitants of Kemerovo city during the period from 2001 to 2012 in comparison with the period from 1990 to 2000 that will be coordinated with decrease in number of pollution substances emissions in atmospheric air.

Key words: industrial city, environmental pollution, chromosomal aberrations, lung cancer

Ruslan Titov, Post-graduate Student. E-mail: ruslan-tito00@rambler.ru

Varvara Minina, Candidate of Biology, Associate Professor at the Genetics Department. E-mail: vminina@mail.ru

Yuriy Kulemin, Post-graduate Student

Tatiana Golovina, Engineer Technologist at the Genetics Department

Stella Mun, Candidate of Medicine, Associate Professor, Senior Research

Fellow at the Immunogenetics Laboratory