

## ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА СЕРОСОДЕРЖАЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ НА ОРГАНИЗМ ПОДРОСТКОВ

© 2009 Ю.Г. Солонин<sup>1</sup>, Е.Р. Бойко<sup>1</sup>, Н.А. Вахнина<sup>1</sup>, Т.В. Есева<sup>1</sup>, О.А. Кеткина<sup>1</sup>,  
Т.И. Кочан<sup>1</sup>, Т.П. Логинова<sup>1</sup>, О.И. Паршукова<sup>1</sup>, Н.Н. Потолицына<sup>1</sup>,  
В.Д. Шадрина<sup>1</sup>, Л.Г. Бабенко<sup>2</sup>, В.Е. Ларина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт физиологии Коми НЦ УрО РАН

<sup>2</sup> Коми филиал Кировской государственной медицинской академии, г. Сыктывкар

Статья получена 21.09.2009 г.

Для оценки влияния экологического фактора проведены комплексные обследования подростков обоего пола 14-15 лет, проживающих в различных экологических условиях. В группе подростков, подвергнутой воздействию загрязнений атмосферного воздуха серосодержащими выбросами целлюлозно-бумажного производства, по сравнению с контролем (проживающие в относительно чистом районе) снижены переносимость гипоксемии, резервы кардиореспираторной системы, уровень физического здоровья, ухудшена регуляция гемодинамики при кратковременной физической нагрузке, повышены концентрации гемоглобина, кротонового альдегида и оснований Шиффа в крови. Отмеченные влияния свидетельствуют о гипоксии организма и более выражены у девочек.

Ключевые слова: *подростки, серосодержащие вещества, экологическое влияние, кардиореспираторная система, внутренняя среда, гипоксия, половые различия*

Общеизвестно, что экологическая обстановка в районах размещения предприятий целлюлозно-бумажной промышленности остается напряженной, поскольку такие предприятия являются мощными источниками загрязнения водоемов, почвы и атмосферного воздуха вредными для растительного и животного мира серосодержащими веществами [12]. Данные отечественной и зарубежной литературы [7, 8, 10, 16, 18-20] свидетельствуют о неблагоприятном воздействии загрязнения атмосферного воздуха выбросами целлюлозно-бумажного производства на функциональное состояние организма и здоровье как взрослых людей, так и детей. Вместе с тем мало данных о влиянии таких выбросов на растущий организм в пубертатном периоде. Несомненно, что

о влиянии таких выбросов на растущий организм в пубертатном периоде. Несомненно, что исследования в области экологии подростков весьма актуальны и должны получить развитие.

**Цель работы:** определить возможное влияние аэровыбросов целлюлозно-бумажного производства на некоторые физиологические, психофизиологические и биохимические показатели лиц подросткового возраста, проживающих на расстоянии около 5 км от источника загрязнения в поселке, периодически (по розе ветров до 40% времени в году) находящемся под парогазовым и дымовым факелом лесопромышленного комплекса. При направлении ветров от комбината в сторону поселка в атмосферном воздухе присутствуют меркаптаны, диоксид серы, сероводород и другие сернистые соединения раздражающего действия, которые беспокоят жителей своим запахом.

**Методика.** Обследованы подростки 14-15 лет – учащиеся двух средних школ: одна из них находится в поселке в зоне влияния выбросов предприятия (группа экологического влияния), вторая – в относительно благополучном в экологическом отношении поселке (контрольная группа). Под наблюдение взяты 29 мальчиков и 25 девочек в контрольной группе и 27 мальчиков и 27 девочек в группе экологического влияния. По данным планового медосмотра большинство из подростков отнесено ко 2-й группе здоровья в соответствии с [9]), имеющей некоторые функциональные и морфофункциональные отклонения. Их половое развитие соответствовало возрастным нормам. Все подростки были ознакомлены с целью и методами данного обследования и дали добровольное согласие на участие. Было получено согласие родителей и преподавателей. Методом опроса у подростков выявляли со-

*Солонин Юрий Григорьевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией социальной физиологии. E-mail: solonin@physiol.komisc.ru*

*Бойко Евгений Рафаилович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом экологической и социальной физиологии человека. E-mail: erbojko@physiol.komisc.ru*

*Вахнина Надежда Алексеевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник*

*Есева Татьяна Валерьевна, младший научный сотрудник*

*Кеткина Ольга Арнольдовна, младший научный сотрудник*

*Кочан Татьяна Ивановна, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник*

*Логинова Татьяна Петровна, кандидат биологических наук, научный сотрудник*

*Паршукова Ольга Ивановна, кандидат биологических наук, научный сотрудник*

*Потолицына Наталья Николаевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник*

*Шадрина Вера Дмитриевна, младший научный сотрудник*

*Бабенко Леонид Георгиевич, кандидат медицинских наук, доцент кафедры общественного здоровья*

*Ларина Вера Евгеньевна, кандидат химических наук, доцент кафедры биологической химии*

став семьи, семейный климат, посещаемость спортивных секций, наличие вредных привычек, особенности их питания. В социальном плане и по наличию вредных привычек, по характеру питания заметной разницы между группами сравнения не выявлено.

По данным роста и массы тела вычисляли индекс массы тела (ИМТ). Жизненную емкость легких (ЖЕЛ) определяли сухим спирометром и рассчитывали «жизненный индекс» (ЖИ), т.е. отношение ЖЕЛ к массе тела. Силу мышц измеряли пружинным динамометром и рассчитывали динамометрический индекс (ДИ), равный отношению силы к массе тела. Проводили пробы с задержкой дыхания (Штанге и Генчи). Частоту сердечных сокращений (ЧСС) измеряли пальпаторно, систолическое (СД) и диастолическое артериальное давление (ДД) определяли по методу Короткова. Вычисляли среднединамическое давление (СДД) по Хикему, «двойное произведение» (ДП) по Робинсону, вегетативный индекс Кердо (ВИК), кардиореспираторный индекс Скибинской (КРИС). Проводили пробу Мартине (20 приседаний за 30 с) с измерением ЧСС до нагрузки и сразу после ее окончания до полного восстановления ЧСС. Уровень физического здоровья (УФЗ) определяли по Г.Л. Апанасенко [1].

Функцию внимания определяли с помощью пробы Шульте-Платонова, субъективные состояния «самочувствие», «активность» и «настроение» - по известному методу САН. Регистрировали время простой зрительно-моторной реакции (время ЗМР), критическую частоту различения световых мельканий (КЧСМ) с помощью компьютерного комплекса для психофизиологического тестирования «НС-ПсихоТест» (фирма «НейроСофт», г. Иваново).

Забор крови осуществляли с 8 до 10 часов натощак из локтевой вены в вакутайнеры «Bekton Dickinson ВР» (Англия). Сразу после забора крови готовился гемолизат (в разведении 1:10) для определения показателей обеспеченности тиамином и рибофлавином [3]. После этого кровь центрифугировали, а сыворотку отбирали и замораживали. Образцы гемолизатов и сывороток крови хранили до выполнения анализа в замороженном состоянии при  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Обеспеченность организма тиамином оценивали по т.н. ТДФ-эффекту [14]. Об обеспеченности организма рибофлавином судили по ФАД-эффекту [13, 14]. Концентрацию в сыворотке крови витаминов А и Е определяли флуорометрически [13, 17], а концентрацию селена - флуорометрическим методом с 2,3-диаминонафталином [6]. В сыворотке крови с использованием наборов фирмы «Chronolab» (Швейцария) измеряли концентрации глюкозы, лактата, общего холестерина, триглицеридов. Содержание гемоглобина определяли гемоглобинцианидным методом, а каталитическую активность глутатионпероксидазы - по

окислению восстановленного глутатиона в присутствии гидроперекиси третичного бутила в водных гемолизатах эритроцитов. Концентрацию продуктов свободно-радикального по методу [4] измеряли на спектрофотометре «Spectronic Genesys-6» (Англия). Основания Шиффа определяли на флуориметре «Флюорат-2АБЛФ» (Люмэкс, Россия).

Материалы обработаны статистически с применением программы Microsoft Excel. Сравнение выборок проведено с использованием критерия Манна-Уитни [5].

**Результаты исследования.** Результаты исследований показали, что по большинству измеряемых параметров и показателей между группами сравнения нет статистически значимых различий (таблица).

По некоторым показателям обнаруживаются определенные тенденции или существенные различия. У мальчиков в группе экологического влияния по сравнению с контролем имеется тенденция к снижению массы тела, силовых показателей, ЖЕЛ, концентрации холестерина, и повышению рабочего прироста ЧСС, уровня баллов «самочувствия» и «настроения», содержания лактата, диеновых конъюгатов. У них же статистически значимые различия показывают результаты выполнения пробы Штанге, СД, ДД, СДД, ДП, содержание селена, неокисленных липидов, молекул средней массы и кетодиеновых конъюгатов, КРИС и УФЗ, уровни которые понижены, но в то же время увеличены время восстановления ЧСС, содержание гемоглобина, триглицеридов, кронового альдегида и оснований Шиффа в крови.

У девочек в группе экологического влияния по сравнению с контролем следует отметить тенденции к увеличению времени ЗМР, концентраций общего холестерина, глюкозы, диеновых конъюгатов. У них статистически значимо повышены масса тела, ИМТ, время восстановления ЧСС, содержание гемоглобина, триглицеридов, лактата, кронового альдегида, оснований Шиффа, В этой же группе статистически значимо снижены ДИ, результаты проб Штанге и Генчи, ЖЕЛ и ЖИ, активность глутатионпероксидазы, содержание неокисленных липидов, кетодиеновых конъюгатов, КРИС и УФЗ.

Выявлены и половые различия по некоторым показателям. В обеих сопоставляемых группах у девочек в сравнении с мальчиками статистически значимо снижены рост, силовые показатели, ЖЕЛ и ЖИ, КРИС. В контрольной группе у девочек ниже масса тела, время выполнения пробы Штанге, СД, содержание селена, выше ЧСС при нагрузке, содержание витамина Е, активность глутатионпероксидазы. В группе экологического влияния у девочек по сравнению с мальчиками статистически значимо ниже результаты проб Штанге и Генчи, время выполнения пробы на внимание, содержание гемоглобина, а выше ИМТ, ЧСС при нагрузке.

Таблица. Сравнение показателей у подростков, проживающих в разных экологических условиях ( $M \pm m$ )

Показатели	Контрольная группа		Группа экологического влияния	
	мальчики n=29	девочки n=25	мальчики n=27	девочки n=27
рост, см	165±1,3	160,0±0,7#	165,0±1,7	161,0±1,1#
масса тела, кг	54,2±1,5	50,0±1,3#	52,5±1,8	56,8±2,2*
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	19,7±0,38	19,6±0,48	19,0±0,44	21,7±0,76#*
сила кисти, кг	35,3±1,5	23,5±0,7#	32,6±1,7	23,7±0,8#
ДИ, %	63,1±1,4	47,2±1,8#	61,5±2,2	42,9±1,7#*
проба Штанге, с	58,0±3,1	43,0±3,2#	45,0±3,1*	33,0±2,4#*
проба Генчи, с	20,0±1,0	21,0±1,2	21,0±2,1	15,0±0,9#*
ЖЕЛ, мл	3683±118	2980±80#	3384±140	2794±66#*
ЖИ, мл/кг	67,0±1,7	60,0±1,5#	65,0±1,6	51,0±1,7#*
СД, мм рт.ст.	122,0±1,8	114,0±2,2#	117,0±2,3*	116,0±1,8
ДД, мм рт.ст.	70,0±1,2	72,0±1,6	67,0±1,4*	70,0±1,2
СДД, мм рт.ст.	87,0±1,0	86,0±1,7	84,0±1,3*	85,0±1,2
ДП, усл. ед.	96,0±2,6	96,0±3,4	89,0±2,7*	95,0±3,1
ЧСС, уд/мин: покой	79,0±2,4	83,0±2,1	76,0±2,3	82,0±2,2
- нагрузка	118,0±2,4	126,0±2,1#	118,0±3,1	125,0±2,2#
- прирост	38,0±2,3	42,0±2,4	42,0±2,0	44,0±2,3
время реституции: ЧСС, с	97,0±7,4	109,0±7,1	150,0±7,3*	160,0±4,6*
ВИК, %	10,8±3,0	14,8±1,9	10,3±3,4	13,2±2,4
тест Шульте-Платонова, с	128,0±7,7	120,0±7,0	140,0±6,4	118,0±5,3#
Время ЗМР, мс	216,0±7,3	207,0±5,3	205,0±4,9	214,0±5,8
КЧСМ, Гц	39,8±0,5	38,8±0,5	40,1±0,4	39,0±0,9
тест САН (баллы): «самочувствие»	56,8±2,4	53,2±1,5	60,0±1,5	55,2±2,6
- «активность»	46,5±2,2	47,2±2,0	49,9±1,9	48,5±2,3
- «настроение»	59,3±2,0	56,1±2,3	60,3±1,7	55,7±2,6
гемоглобин, г/л	140,0±2,1	136±2,9	150,0±1,8*	144±1,4#*
общий холестерин, ммоль/л	3,32±0,18	3,25±0,17	3,11±0,22	3,35±0,15
триглицериды, ммоль/л	0,37±0,03	0,34±0,04	0,53±0,05*	0,62±0,04*
глюкоза, ммоль/л	4,10±0,17	3,8±0,27	4,20±0,18	4,20±0,29
лактат, ммоль/л	2,00±0,22	2,12±0,25	2,44±0,20	2,85±0,27*
витамин В1, усл.ед.	1,08±0,02	1,12±0,03	1,06±0,01	1,07±0,01
витамин В2, усл.ед.	1,13±0,04	1,24±0,05	1,20±0,04	1,21±0,04
витамин А, мкг/дл	34,1±1,7	36,8±2,6	36,8±3,1	35,6±2,5
витамин Е, мкг/мл	7,10±0,35	8,80±0,58#	7,10±0,50	7,90±0,54
селен, мкг/л	79,2±1,56	77,1±1,62#	74,7±1,40*	73,4±2,02
глутатионпероксидаза, мкмоль/мин·г Нь	68,3±2,37	78,8±2,74#	66,7±2,33	71,3±2,20*
неокисленные липиды, г/л	2,17±0,05	2,25±0,06	1,31±0,07*	1,35±0,06*
кетоновый альдегид, усл.ед.	0,77±0,03	0,79±0,03	0,94±0,05*	0,92±0,04*
диеновые конъюгаты, усл.ед.	1,77±0,08	1,76±0,05	1,94±0,13	1,86±0,09
кетодиеновые конъюгаты, усл. ед.	0,09±0,01	0,08±0,01	0,06±0,01*	0,04±0,01*
молекулы средней массы, усл. ед.	0,09±0,01	0,09±0,01	0,06±0,01*	0,04±0,01*
основания Шиффа, усл.ед.	0,007±0,0	0,010±0,003	0,021±0,006*	0,017±0,001*
КРИС, баллы	26,3±1,8	15,2±1,4#	20,8±1,9*	11,8±1,1#*
УФЗ, баллы	8,8±0,57	8,9±0,73	6,60±0,76*	4,1±0,67#*

Примечания: различия статистически значимы ( $p < 0,05$ ): # - по полу в каждой группе; \* - между группами сравнения

**Обсуждение результатов.** По данным [11] сероводород и диоксид серы подавляют дыхательные ферменты (оксидазы) и приводят к гипоксии организма. Гипоксия характеризуется нарушением окислительно-восстановительных процессов, накоплением промежуточных продуктов гликолиза, липолиза, протеолиза и развитием метаболического ацидоза, активным формированием свободных радикалов, усилением процессов перекисного окисления липидов, истощением антиоксидантной системы [2, 15].

У обследованных нами подростков, периодически подвергающихся воздействию серосодержащих веществ в воздухе, повышено содержание в крови триглицеридов, кротонового альдегида, оснований Шиффа и уменьшено содержание молекул средней массы, что говорит о существенных изменениях обменных процессов, о нарушениях в антиоксидантной системе, об активном формировании свободных радикалов. В тоже время у них снижена переносимость гипоксемии (по данным пробы Штанге), повышено содержание гемоглобина как компенсаторная реакция на дефицит кислорода, замедлена перестройка кровообращения после кратковременной физической нагрузки (ухудшение регуляции гемодинамики), снижены уровень функционирования (уменьшение резервов) кардиореспираторной системы и физическое здоровье. Все это может свидетельствовать о состоянии гипоксии, характерной для многих видов хронических отравлений химическими веществами. В большей степени отмеченные изменения выражены у девочек.

**Выводы.** Периодическое загрязнение атмосферного воздуха серосодержащими веществами целлюлозно-бумажного производства даже на расстоянии 5 км от источника негативно влияет на функционирование дыхательной и сердечно-сосудистой систем, внутреннюю среду организма подростков и снижает у них физическое здоровье. Более ранимым является организм девочек.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Апанасенко, Г.Л.* Методика оценки уровня физического здоровья по прямым показателям / *Г.Л. Апанасенко* // Соц.гигиена, организ. здравоохранения и история медицины. – Киев: Здоровье. – 1988. – Т. 19. – С. 23-28.
2. *Бизенкова, М.Н.* Метаболические эффекты антиоксидантов в условиях острой гипоксической гипоксии / *М.Н. Бизенкова, М.Г. Романцов, Н.П. Чеснокова* // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 1. – С. 17-21.
3. *Бойко, Е.Р.* Способ определения обеспеченности организма витамином В1 в скринирующих исследованиях / *Е.Р. Бойко, А.Г. Соловьев, П.И. Сидоров, И.А. Кирпич.* Патент РФ на изобретение № 2138815. – 1999.
4. *Гаврилов, В.Б.* Спектрофотометрическое определение содержания гидроперекисей липидов в плазме крови / *В.Б. Гаврилов, М.И. Мишкорудная* // Лаб. дело. – 1983. – № 3. – С. 33-35.
5. *Гланц, С.* Медико-биологическая статистика: Пер. с англ. – М.: Практика. – 1999. – 459 с.
6. *Голубкина, Н.А.* Флуориметрический метод определения селена / *Н.А. Голубкина* // Журнал аналит. химии. – 1995. – Т. 50. – С. 492-497.
7. *Ефимова, Н.В.* Влияние аэровыбросов предприятий целлюлозно-бумажной промышленности на заболеваемость населения / *Н.В. Ефимова, А.Д. Журавлева, А.И. Пыжьянов, Л.А. Минько* // Гигиена и санитария. – 1992. – № 3. – С. 65-66.
8. Меркаптаны // Энциклопедия по безопасности и гигиене труда: Пер. с англ. – Т. 2. – М.: Профиздат. – 1986. – С. 1219.
9. О комплексной оценке состояния здоровья детей. Приказ Минздрава РФ от 30 декабря 2003 г., № 621.
10. *Селюжицкий, Г.В.* Гигиена труда в целлюлозно-бумажной промышленности / *Г.В. Селюжицкий, А.М. Гарбуз, Н.П. Кандыбор* и др. – М.: Лесная промышленность. – 1989. – 216 с.
11. Сероводород // Энциклопедия по безопасности и гигиене труда: Пер. с англ. – Т. 4. – Ч. 2. – М.: Профиздат. – 1987. – С. 2220.
12. *Солонин, Ю.Г.* Влияние предприятий целлюлозно-бумажной промышленности на здоровье населения / *Ю.Г. Солонин* // Экологические аспекты демографической политики и проблемы здравоохранения на Российском Севере: Матер. Второго Северного социально-экологического конгресса (Сыктывкар, 19-21 апреля 2006 г.). – Сыктывкар: КРАГСНУ. – 2007. – С. 70-85.
13. *Спиричев, В.Б.* Методы оценки витаминной обеспеченности населения / *В.Б. Спиричев, В.М. Куденцова, О.А. Вржесинская* и др. // Учебно-методическое пособие. М., 2001. – 68 с.
14. Теоретические и клинические аспекты науки о питании / Отв. ред. *М.Н. Волгарев*. – М.: Типография ХОЗУ Миннефтепрома. – 1987. – 217 с.
15. *Ушкалова, Е.А.* Антиоксидантные и антигипоксические свойства актовегина у кардиологических больных / *Е.А. Ушкалова* // Трудный пациент. – 2005. – № 3. – С. 1-5.
16. *Ферару, Г.С.* Выявление «экологически зависимых» болезней, обусловленных деятельностью целлюлозно-бумажного производства / *Г.С. Ферару* // Экология человека. – 2001. – № 3. – С. 31-33.
17. *Чернулкенс, Р.Ч.* Одновременное флуориметрическое определение концентрации витаминов А и Е в сыворотке крови / *Р.Ч. Чернулкенс, П.С. Грибаускас* // Лабораторное дело. – 1984. – № 6. – С. 362-365.
18. *Marttila, O.* The South Karelia Air Pollution Study: the effects of malodorous sulfur compounds from pulp mills on respiratory and other symptoms in children / *O. Marttila, J. Jakkola, V. Vilkkka* et al. // Environ. Res. – 1994. – V. 66, No 2. – P. 152-159.
19. *Mirabelli, M.C.* Proximity to pulp and paper mills and wheezing symptoms among adolescents in North Carolina / *M.C. Mirabelli, S. Wings* // Environ. Res. – 2006. – V. 102, No 18. – P. 96-100.
20. *Nasca, P.C.* An epidemiologic case-control study of central nervous system tumors in children and parental occupational exposures / *P.C. Nasca, M.S. Baptiste, P.A. MacCubbin* et al. // Am. J. Epidemiol. – 1988. – V. 128, No 6. – P. 1256-1265.

**POLLUTION EFFECT OF FREE AIR BY SULFUR-CONTAINING  
SUBSTANCES ON THE ORGANISM OF TEENAGERS**

© 2009 Yu.G. Solonin<sup>1</sup>, E.R. Boyko<sup>1</sup>, N.A. Vahnina<sup>1</sup>, T.V. Eseva<sup>1</sup>, O.A. Ketkina,  
T.I. Kochan<sup>1</sup>, T.P. Loginova<sup>1</sup>, O.I. Parshukova<sup>1</sup>, N.N. Potolitsyna<sup>1</sup>, V.D. Shadrina<sup>1</sup>,  
L.G. Babenko<sup>2</sup>, V.E. Larina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Physiology of Komi SC, UB RAS

<sup>2</sup> Komi Branch of Kirov State Medical Academy, Syktyvkar

Article is received 21.09.2009

For an estimation of the environmental factor influence complex inspections of teenagers both sex of 14-15 years living in various ecological conditions are lead. In group of the teenagers, exposed by influence of free air pollution by sulfur-containing emissions from pulp-and-paper manufacture, in comparison with the control (living in rather pure area) are lowered bearableness anoxemia, reserves of cardio-respiratory system, a level of physical health, is worsened regulation hemodynamics at short-term physical activity, are increased concentration of hemoglobin, crotonic aldehyde and Shiffa bases in blood. Noted influences testify to an orfanism hypoxia and are more expressed at girls.

Key words: *teenagers, sulfur-containing substances, ecological influence, carfio-respiratory system, inner medium, hypoxia, sexual distinctions*

---

*Yury Solonin, Doctor of Medicine, Professor, Head of  
the Social Physiology Laboratory. E-mail:  
solonin@physiol.komisc.ru*

*Evgeniy Boyko, Doctor of Medicine, Professor, Head of  
the Human Ecological and Social Physiology  
Department. E-mail: erbojko@physiol.komisc.ru*

*Nadezhda Vakhnina, Candidate of Biology, Research Fellow*

*Tatjana Eseva, Minor Research Fellow*

*Olga Ketkina, Minor Research Fellow*

*Tatyana Kochan, Candidaet of Biology, Associate  
Professor, Senior Research Fellow*

*Tatyana Loginova, Candidate of Biology, Research Fellow*

*Olga Parshukova, Candidate of Biology, Research Fellow*

*Nataliya Potolitsyna, Candidaet of Biology, Senior  
Research Fellow*

*Vera Shadrina, Minor Research Fellow*

*Leonid Babenko, Candidate of Medicine, Associate  
Professor at the Department of Common Health*

*Vera Larina, Candidate of Chemistry, Associate Professor  
at the Department of Biological Chemistry*