

продукции сывороточных иммуноглобулинов (51,2% детей характеризовались дефицитом IgG); достоверным снижением в 1,6–1,7 раза абсолютного ( $0,173 \pm 0,024 \cdot 10^9/\text{дм}^3$ ) и относительного (7,65  $\pm$  1,066%) количества CD95<sup>+</sup>-лимфоцитов по отношению к показателям группы сравнения; повышением уровня специфических антител к N-нитрозодиметиламину по критерию IgG относительно референтного диапазона у 47,6% обследованных ( $p < 0,05$ ), что достоверно превышало показатели группы сравнения в 1,5 раза; активацией лейкотриенового механизма аллергии по критерию LTC<sub>4</sub>/D<sub>4</sub>/E<sub>4</sub> в 2,1 раза ( $p < 0,05$ ) относительно показателей группы сравнения, а также простагландинового механизма по критериям E<sub>2</sub> и F<sub>2a</sub> с достоверным превышением аналогичных значений группы сравнения в 2,6 и 1,5 раза соответственно ( $p < 0,05$ ).

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература (п.п. 6–7, 10–15 см. References)

1. Долгих О.В., Зайцева Н.В., Лужецкий К.П., Андреева Е.Е. Особенности иммунной и генетической дезадаптации у детей в условиях избыточной гаптенной нагрузки. *Российский иммунологический журнал*. 2014; 8(3): 299–302.
2. Долгих О.В., Кривцов А.В., Лыхина Т.С., Бубнова О.А., Ланин Д.В., Вдовина Н.А. и др. Особенности иммуногенетических показателей у работников предприятия цветной металлургии. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(2): 54–7.
3. Ланин Д.В., Лебедева Т.М. Воздействие химических факторов среды обитания на функции регуляторных систем у детей. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(1): 94–6.
4. Ревазова Ю.А., Хрипач Л.В., Сидорова И.Е., Юрченко В.В., Зыкова И.Е. Комплексный подход в оценке нестабильности генома человека. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2006; (4): 36–41.
5. Сычева Л.П., Журков В.С., Ревазова Ю.А. Генетическая токсикология в гигиене на современном этапе. В кн.: Онищенко Г.Г., Курляндский Б.А., ред. *IV Съезд токсикологов России Сборник трудов*. Москва; 2013.
6. Онищенко Г.Г. Актуальные задачи гигиенической науки и практики в сохранении здоровья населения. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(3): 5–9.
7. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2014 году». М.; 2015.

## References

1. Dolgikh O.V., Zaytseva N.V., Luzhetskii K.P., Andreeva E.E. Characteristics of immune and genetic disadaptation in children under hapten excessive load. *Rossiyskiy immunologicheskiy zhurnal*. 2014; 8(3): 299–302. (in Russian)
2. Dolgikh O.V., Krivtsov A.V., Lykhina T.S., Bubnova O.A., Lanin D.V., Vdovina N.A. et al. Features of the immune genetic parameters in workers in non-ferrous metal industry. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94(2): 54–7. (in Russian)
3. Lanin D.V., Lebedeva T.M. The influence of chemical environmental factors on functions and interrelationships of regulatory systems in children. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95(1): 94–6. (in Russian)
4. Revazova Yu.A., Khripach L.V., Sidorova I.E., Yurchenko V.V., Zykova I.E. A complex approach to evaluation of human genome instability. *Vestnik Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk*. 2006; (4): 36–41.
5. Sycheva L.P., Zhurkov V.S., Revazova Yu.A. Contemporary genetic toxicology in hygiene. In: Onishchenko G.G., Kurlyandskiy B.A., eds. *IV Congress of Toxicologists of Russia: Proceedings [IV S'ezd toksikologov Rossii: Sbornik trudov]*. Moscow; 2013: 33–5. (in Russian)
6. Duramad P., Holland N.T. Biomarkers of immunotoxicity for environmental and public health research. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2011; 8(5): 1388–401.
7. Miller R.L., Peden D.B. Environmental effects on immune responses in patients with atopy and asthma. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2014; 134(5): 1001–8.
8. Onishchenko G.G. Actual problems of hygiene science and practice in the preservation of Public health. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94(3): 5–9. (in Russian)
9. State report «On the State of Sanitary and Epidemiological Welfare of the Population of the Russian Federation in 2014». Moscow; 2015.
10. Calderon R. The epidemiology of chemical contaminants of drinking water. *Food Chem. Toxicol.* 2000; 38(Suppl. 1): 13–20.
11. Gilchrist M., Winyard PG, Aizawa K, Anning C, Shore A, Benjamin N. Effect of dietary nitrate on blood pressure, endothelial function, and insulin sensitivity in type 2 diabetes. *Free Radic. Biol. Med.* 2013; 60: 89–97.
12. Gladwin M.T., Schechter A.N., Kim-Shapiro D.B., Patel R.P., Hogg N., Shiva S. et al. The emerging biology of the nitrite anion. *Nat. Chem. Biol.* 2005; 1(6): 308–14.
13. Nitrate and Nitrite in Drinking-water. Draft background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Available at: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/nitrate-nitrite-background-24nov-v2.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/nitrate-nitrite-background-24nov-v2.pdf)
14. Prüss-Ustün A., Bos R., Gore F., Bartram J. Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health. Geneva: World Health Organization; 2008.
15. Ward M.H., deKok T.M., Levallois P., Brender J., Gulis G., Nolan B.T. et al. Workgroup report: drinking-water nitrate and health – recent findings and research needs. *Environ. Health Perspect.* 2005; 113(11): 1607–14.

Поступила 19.09.16

Принята к печати 07.11.16

© МЫЛЬНИКОВА И.В., 2017

УДК 613.956: 616.1-02:614.72

Мыльникова И.В.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ПОДРОСТКОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 665827, Ангарск

В статье представлены результаты исследования функционального состояния сердечно-сосудистой системы 614 подростков, проживающих в различных условиях загрязнения атмосферного воздуха на территории Иркутской области. Установлено, что риск развития неканцерогенных эффектов для подростков 1-го района является высоким, 2-го и 3-го районов – приемлемым, 4-го – минимальным. По результатам оценки динамики индекса опасности в 1-м и 2-м районах в 2003–2014 гг. отмечено отсутствие значимых тенденций к увеличению загрязнения атмосферного воздуха. Отмечено, что у подростков промышленных центров (1-й и 2-й район) при проведении функционального теста установлены признаки выраженного функционального напряжения сердечно-сосудистой системы: резкая тахикардия; значительный прирост систолического артериального давления и диастолического артериального давления; отставание от возрастной нормы насосной функции сердца. У подростков «условно чистого» села (4-й район) реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку свидетельствуют о достаточных адаптивно-приспособительных возможностях.

**Ключевые слова:** подростки; сердечно-сосудистая система; загрязнение окружающей среды; индекс опасности.

**Для цитирования:** Мыльникова И.В. Сравнительная оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы подростков, проживающих в условиях различного загрязнения атмосферного воздуха. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(1): 47–52. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-47-52>

Mylnikova I. V.

## COMPARATIVE EVALUATION OF THE FUNCTIONAL STATE OF CARDIOVASCULAR SYSTEM IN ADOLESCENTS LIVING IN CONDITIONS OF VARIOUS AMBIENT AIR POLLUTION

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation

In the article there are presented results of a study of the functional state of the cardiovascular system in 614 adolescents living in the various conditions of ambient air pollution in the territory of the Irkutsk region. The risk for non-carcinogenic effects for adolescents from the 1<sup>st</sup> district was established to be high, for adolescents residing in (2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> districts - acceptable), for adolescents from the 4<sup>th</sup> district – minimal. Accordingly to results of the evaluation of the dynamics of the danger index in the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> districts in 2003-2014 there was noted the absence of significant trend towards to the increase in ambient air pollution. It is noted that in adolescents industrial centers (1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> districts) during the functional test there were established signs of the pronounced functional exertion of the cardiovascular system: severe tachycardia; a significant increase in systolic blood pressure and diastolic blood pressure; delay from the age norm pumping function of the heart. In adolescents from the “relatively clean” village (4<sup>th</sup> district) responses of the cardiovascular system to load testify to sufficient adaptive and accommodational capabilities

**Key words:** adolescents; cardiovascular system; pollution; danger index.

**For citation:** Mylnikova I.V. Comparative evaluation of the functional state of cardiovascular system in adolescents living in conditions of various ambient air pollution. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(1): 47-52. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-47-52>

**For correspondence:** Inna V. Mylnikova, MD, PhD, Senior Researcher Laboratory of Ecological and Health Studies of East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665827, Russian Federation. E-mail: [medecolab@inbox.ru](mailto:medecolab@inbox.ru)

**Information about authors:**Mylnikova I.V., <http://orcid.org/0000-0001-7685-9004>

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship.

Received: 15.01.2016

Accepted: 04.10.2016

## Введение

Среди факторов риска нарушений популяционного здоровья второе место после образа жизни занимает загрязнение окружающей среды [1]. При этом наибольшая опасность для здоровья связана с загрязнением атмосферного воздуха [2]. Одним из показателей, отражающих здоровье подростков, является уровень функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы (ССС). К настоящему времени исследованы функциональные возможности ССС различных групп населения, подвергающихся воздействию загрязнения окружающей среды [3–6]. При этом не учтены специфические особенности техногенного загрязнения. В современной литературе недостаточно отражены реакции ССС на аэротехногенное загрязнение у лиц разного пола.

Цель исследования – изучить функциональное состояние ССС подростков Иркутской области, проживающих в различных условиях загрязнения атмосферного воздуха.

## Материал и методы

Иркутская область относится к территориям интенсивного промышленного освоения. Поэтому приоритетной задачей органов местного управления области является охрана здоровья городского и сельского населения. В качестве модельных территорий выбраны промышленные центры с различным уровнем химического загрязнения атмосферного воздуха (1-й и 2-й районы) и сельские территории (3-й и 4-й районы). Техносфера 1-го района представлена в основном предприятиями теплоэнергетики, нефтехимии и химии. Особенностью 2-го района является расположение в 9 км от промплощадки химического комбината. Сельские территории также отличаются по уровню техногенной нагрузки – 3-й район расположен в зоне влияния выбросов нефтехимического комбината и ТЭЦ (на расстоянии 1,4 км), а 4-й район – село, удаленное от промышленных предприятий, железнодорожных и автомобильных магистралей на 80 км.

На этапе идентификации опасности воздействия аэротоксикантов проанализированы данные форм 2тп-воздух, оценивали загрязнение по результатам долгосрочного мониторинга службы Росгидромета в 2003–2014 гг. Наблюдения за уровнем

загрязнения атмосферного воздуха проведены специалистами Росгидромета по сокращенной программе на территории 1-го района – четырьмя стационарными постами наблюдения загрязнения атмосферы; 2-го района – 1-м. На каждом посту ежегодно отбиралось 7344 пробы. Методики определения ответственности РД 52.04. 186–89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы». В связи с отсутствием стационарных постов наблюдения загрязнения атмосферного воздуха в 3-м и 4-м районах изучали по результатам исследований, выполненных в лаборатории аналитической экотоксикологии и биомониторинга ФГБНУ ВСИМЭИ (зав., канд. биол. наук О.М. Журба). Программа исследований включала контроль за содержанием примесей (формальдегид, взвешенные вещества, оксид углерода, диоксид серы, диоксид азота, сероводород, аммиак, растворимые сульфаты, бенз(а)пирен, фенол, хлор, хлористый водород). Для корректной оценки среднесуточных концентраций химических веществ по данным Росгидромета максимальные разовые концентрации пересчитаны в среднесуточные концентрации по методике, предложенной М.А. Пинигиным [7]. Характеристику риска общетоксических эффектов провели по суммарным показателям коэффициентов (НQ) и индексов опасности (НI), рассчитанными согласно Р 2.1.10.1920–04 [8]. Динамику НI оценивали с помощью линейного регрессионного анализа с применением критерия Чеддока [9].

Функциональное состояние ССС изучали у подростков 11–17 лет. Обследовано в 1-м районе 324 человека (147 мальчиков, 177 девочек); во 2-м – 190 человек (71 мальчик, 119 девочек); в 3-м – 52 человека (20 мальчиков, 32 девочки); в 4-м – 48 человек (25 мальчиков, 23 девочки). При формировании групп учитывались результаты опроса родителей по специальным анкетам, содержащим вопросы по критериям включения/исключения. Критерии включения: постоянное проживание на изучаемой территории; отсутствие острых, декомпенсированных хронических заболеваний, врожденной патологии; соответствие полового развития возрасту; средний уровень физической активности (посещение занятий физической культуры в рамках школьной программы; умеренная помощь по дому, не имеющая различий у жителей в зависимости от района). Критерии исключения: занятия в спортивных секциях, тренажерных залах; специальная медицинская группа занятий физической культурой; активное курение; доход на 1 члена менее 1,5 или более 3,5 размера региональной «минимальной корзины». Анкета включала вопросы, отражающие работу подростков на приусадебном участке, общественных сельскохозяйственных угодьях, по уходу за домашними животными и т.д.

**Для корреспонденции:** Мьяльникова Инна Владимировна, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. лаб. эколого-гигиенических исследований ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 665827, Ангарск. E-mail: [medecolab@inbox.ru](mailto:medecolab@inbox.ru)

**Средние значения среднесуточных концентраций химических веществ (в мг/м<sup>3</sup>) в атмосферном воздухе обследованных территорий (M/Min–Max)**

Химическое вещество	ПДК <sub>ссг</sub> , мг/м <sup>3</sup>	1-й район	2-й район	3-й район	4-й район
Формальдегид	0,01	M = 0,006 Min = 0,001 Max = 0,011	M = 0,005 Min = 0,003 Max = 0,008	M = 0,012 Min = 0,008 Max = 0,015	н/о
Взвешенные вещества	0,15	M = 0,090 Min = 0,035 Max = 0,148	M = 0,013 Min = 0,09 Max = 0,016	M = 0,096 Min = 0,300 Max = 0,280	M = 0,144 Min = 0,012 Max = 0,300
Оксид углерода	3,0	M = 1,475 Min = 0,800 Max = 2,100	M = 1,010 Min = 0,500 Max = 1,400	M = 0,420 Min = 0,300 Max = 0,500	M = 0,640 Min = 0,036 Max = 0,900
Диоксид серы	0,05	M = 0,008 Min = 0,002 Max = 0,019	M = 0,008 Min = 0,002 Max = 0,019	M = 0,060 Min = 0,021 Max = 0,094	н/о
Диоксид азота	0,04	M = 0,033 Min = 0,016 Max = 0,050	M = 0,021 Min = 0,018 Max = 0,026	M = 0,027 Min = 0,006 Max = 0,060	M = 0,045 Min = 0,026 Max = 0,081
Сероводород	0,008	M = 0,001 Min = 0,001 Max = 0,002	н/о	н/о	н/о
Аммиак	0,04	M = 0,006 Min = 0,002 Max = 0,019	н/о	н/о	н/о
Растворимые сульфаты	0,1	н/о	н/о	н/о	н/о
Бенз(а)пирен	0,000001	M = 0,000002 Min = 0,000001 Max = 0,000004	M = 0,000002 Min = 0,000001 Max = 0,000003	н/о	н/о
Фенол	0,003	M = 0,001 Min = 0,001 Max = 0,002	н/о	н/о	н/о
Хлор	0,003	н/о	M = 0,001 Min = 0,001 Max = 0,002	н/о	н/о
Хлористый водород	0,1	н/о	M = 0,027 Min = 0,012 Max = 0,053	н/о	н/о

Примечание: н/о – ниже предела обнаружения.

Функциональный тест (дозированная физическая нагрузка) состоял в восхождении на ступеньку в течение 2 мин с частотой 30 в 1 минуту [10]. Высоту ступеньки подбирали в зависимости от длины ноги. Реакцию ССС оценивали по показателям: частоты сердечных сокращений (ЧСС, в 1 мин); систолическому (САД, мм рт. ст.) и диастолическому артериальному давлению (ДАД, мм рт. ст.); ударному (УОК, мл/мин) и минутному объемам кровообращения (МОК, мл/мин). Указанные параметры определяли в состоянии покоя и после нагрузки. По результатам замеров рассчитывали индекс Робинсона (ИР), отражающий энергопотенциал ССС [11]. Принимая во внимание наличие связи между показателями физического развития и параметрами ССС исследованы антропометрические показатели: длина тела (в см), масса тела (в кг), окружность грудной клетки в покое (в см), рассчитан показатель площади поверхности тела (S, м<sup>2</sup>) по R.D. Mosteller [12].

Результаты исследования обработали с применением параметрических методов (среднее арифметическое и стандартная ошибка среднего, экстенсивный показатель и ошибка к нему). Достоверность различий оценивали по *t*-критерию Стьюдента для несвязанных выборок. Критической величиной уровня значимости различий для отличающихся по численности групп с учетом поправки Бонферрони считали 0,017, для связанных выборок – 0,05. Исследование взаимосвязи между антропометрическими показателями (S) и показателями гемодинамики проводили с применением корреляционного анализа по методу Spearman.

## Результаты

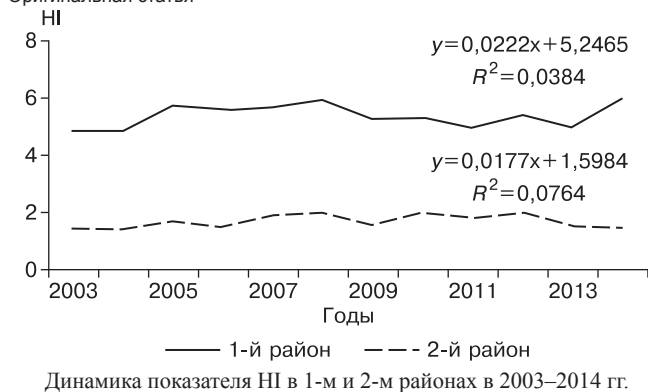
На территории 1-го района основной вклад в суммарный валовой выброс веществ в атмосферу вносят предприятия теплоэнергетики, заводы ОАО АНХК и заводы стройиндустрии. На 40,4 % аэрогенная нагрузка обусловлена диоксидом серы, диоксидом азота на 31,2 %, взвешенными веществами на 12,8 %, органическими веществами на 10,7 %, оксидом углерода на 4,4 %. В составе атмосферных выбросов в подавляющем большинстве (99%) присутствуют вещества общетоксического действия: оксид азота, диоксид серы, пыль неорганическая, сероводород, углеводороды, аммиак, фенол, оксид углерода. Доля аллергенов (2,3 г) составляет 0,7%, канцерогенов – менее 0,3%. Второй район расположен в 9 км от завода по производству поливинилхлорида. Спектр специфических примесей представлен веществами: этилен, дихлорэтан, винилхлорид, хлористый этил. Загрязнение атмосферного воздуха 2-го района представлено диоксидом серы (42,7%); углеводородами (23,6%); взвешенными веществами (19,0%); оксидами азота (10,4%); оксидом углерода (0,2%) и другими. Необходимо отметить, что 2-й район единственный из всех промышленных городов Иркутской области размещен с учетом всех требований гигиенической безопасности – селитебная зона отделена от градообразующего предприятия санитарно-защитной зоной. Поэтому специфические вещества в атмосферном воздухе города не определяются и на этом основании не включены в программу контроля на посту наблюдения 2-го района.

Сравнительная оценка среднесуточных концентраций показала, что большинство химических веществ присутствует в атмосферном воздухе в пределах гигиенических нормативов. Установлено, что средние значения среднесуточных концентраций бенз(а)пирена в атмосферном воздухе 1-го и 2-го районов составляют 2 ПДК, диоксида серы в 3-м районе 1,2 ПДК, ди-

оксида азота в 4-м районе 1,1 ПДК. Близкие к величине ПДК<sub>ссг</sub> среднесуточные концентрации отмечены в отношении диоксида азота в 1-м районе и взвешенных веществ в 4-м районе. Отмечено, что среднесуточные концентрации химических веществ, характерных для выбросов из низких стационарных источников (печей частных домов) и котельных, в 4-м районе имеют близкие значения к аналогичным показателям в 1-м районе (взвешенных веществ, оксида углерода и диоксида азота). Тогда как вещества, специфичные для атмосферы промышленных территорий 1-го и 2-го района – аммиак, фенол, хлор, хлористый водород и др., в 4-м районе присутствуют в концентрациях ниже предела обнаружения.

В период 2003–2014 гг. максимальные разовые концентрации превышали ПДК в 1-м районе по следующим примесям: взвешенные вещества – 1,2 ПДК; оксид углерода – 2,4 ПДК; диоксид азота – 1,4 ПДК; сероводород – 2,3 ПДК; фенол – 1,1 ПДК; аммиак – 1,8 ПДК; формальдегид – 2 ПДК; бенз(а)пирен – 6 ПДК. Во 2-м районе превышение максимальной разовой концентрации отмечено по 2-м примесям: хлориду водорода (1,4 ПДК) и формальдегиду (1,5 ПДК).

Учитывая, что в период исследования концентрации бенз(а)пирена свидетельствовали только о вероятности канцерогенного воздействия, данное вещество из расчетов общетоксического индекса – исключено. При расчете НИ в условиях одновременного поступления нескольких веществ (формальдегид, взвешенные вещества, оксид углерода, диоксид азота, диоксид серы) с атмосферным воздухом установили, что риск развития некан-



церегенных эффектов для подростков 1-го района являетсястораживающим (НИ 3,1), 2-го района – приемлемым (НИ 1,7), 3 и 4-го районов – минимальным (НИ 0,4 и НИ 0,5 соответственно). Установлено, что динамические колебания НИ в 2003–2014 гг. описываются уравнениями линейной регрессии: в 1-м районе –  $y = 0,0222x + 5,2465$ ; во 2-ом районе –  $y = 0,0177x + 1,5984$  (см. рисунок). Качественная оценка динамики показателей по величине коэффициента детерминации аппроксимации ( $R^2$ ) показала, что изменения уровня НИ в 1-м и 2-м районах по шкале Чеддока относятся к слабым –  $R^2 = 0,038$  и  $R^2 = 0,076$  соответственно. Прогноз на ближайшие 5 лет согласно уравнениям регрессии свидетельствует о незначительном росте уровня НИ как в 1-м, так и во 2-м районе.

Среди причин развития сердечно-сосудистых заболеваний также выделяют факторы образа жизни. Установлены существенные различия по уровню физической нагрузки у подростков, проживающих в городских и сельских населенных пунктах (табл. 2). Сельские подростки в отличие от городских помогают родителям на приусадебном участке и по уходу за домашними животными, а также заняты в полевых работах на общественных сельскохозяйственных угодьях. Обращает внимание тот факт, что работа на приусадебном участке и общественных сельскохозяйственных угодья является не продолжительной – только в летний период. Тогда как уход за домашними животными представляет собой круглогодичную физическую нагрузку, которая отмечена у  $39,8 \pm 6,4\%$  подростков 3-го района и  $53,8 \pm 7,9\%$  подростков 4-го района. Таким образом, физическая активность сельских подростков выше, чем у городских, за счет участия в ведении домашнего хозяйства. Городские подростки не работают на приусадебных участках. Кроме того, удельный вес подростков, проводящих за компьютером 3 ч и более, в 1-м районе в 1,9–2,7 раза больше, чем у подростков 3-го и 4-го районов, а во 2-м районе – в 2,4–3,4 раза соответственно.

Учитывая чувствительность ССС к загрязнению окружающей среды, проанализированы показатели кардиогемодинамики до и после функциональной пробы среди мальчиков и девочек. Отмечено, что показатели гемодинамики подростков при обследовании в состоянии покоя соответствовали возрастным физиологическим нормам. При этом у подростков 4-го района показатели САД, УОК и МОК были статистически достоверно ниже, чем у подростков 1-го и 2-го районов (табл. 3). Проведение функциональной пробы показало, что ССС обследованных подростков по-разному реагирует на дозированную физическую нагрузку. Так, у подростков 1-го и 2-го районов увеличение ЧСС, САД, УОК, МОК, ИР статистически достоверно превышало аналогичные показатели у лиц 4-го района. Таким образом, у подростков 4-го района адаптивные возможности ССС выше, чем у обследованных 1-го и 2-го районов. Показатели гемодинамики у подростков 3-го района как в состоянии покоя, так после проведения пробы по значениям были близки к 4-му району. Это подтверждается отсутствием статистически значимых различий между показателями.

Сравнительная оценка показателей гемодинамики у обследованных мальчиков и девочек выявила гендерные различия по большинству анализируемых параметров у подростков 1-го и 2-го районов. У мальчиков и девочек 3-го и 4-го районов показатели имели близкие значения. Исключение составили ЧСС после функциональной нагрузки и УОК в покое. Данный факт мо-

Удельных вес подростков, занятых в том или ином виде деятельности (на 100 обследованных)

Образ жизни	1-й район	2-й район	3-й район	4-й район
Работа на приусадебном участке (полив ведром 7–10 л)	–	–	73,1 ± 6,1	76,9 ± 6,7
Поение животных (с ведром 7–10 л)	–	–	30,8 ± 6,4	74,3 ± 6,9
Работа на сельскохозяйственных угодьях поселка (полив, прополка, окучивание)	–	–	–	30,8 ± 7,4
Занятия за компьютером от 3 ч в день и больше	62,7 ± 6,3	79,5 ± 6,1	33,3 ± 6,8	23,1 ± 6,7

жет быть обусловлен тем, что среди подростков 15–17 лет 1-го и 2-го районов несколько больше, чем среди подростков 3-го и 4-го районов.

Оценка показателей гемодинамики после выполнения пробы с физической нагрузкой выявила подростков с функциональным напряжением ССС. Отмечено, что доля лиц с резкой тахикардией наиболее высока в 1-м районе (у мальчиков –  $52,4 \pm 4,1\%$ , у девочек –  $70,1 \pm 3,4\%$ ), 2-м (у мальчиков –  $59,1 \pm 5,8\%$ , у девочек –  $73,9 \pm 4,0\%$ ) и 3-м (у мальчиков –  $40 \pm 10,9\%$ , у девочек –  $71,9 \pm 7,9\%$ ). Удельный вес лиц с резкой тахикардией был ниже среди подростков 4-го района – среди мальчиков  $20,0 \pm 8,9\%$ , среди девочек  $34,4 \pm 8,4\%$ . Оценка прироста в результате функциональной пробы САД и ДАД показала, что у всех обследованных детей значения анализируемых показателей соответствовали нормативам [13]. При этом высокий прирост показателей (САД на  $17,2–23,1$  мм рт. ст. и ДАД на  $5,3–11,4$  мм рт. ст.) отмечен у мальчиков и девочек 1-й и 2-й групп, низкий – у подростков 4-й группы (САД на  $10–12,6$  мм рт. ст. и ДАД на  $2,3–4,6$  мм рт. ст.).

Исследование насосной функции сердца, характеризуемой показателями УОК и МОК, выявило у подростков 1-го и 2-го районов значительные отставания от параметров возрастной нормы [14]. У подростков 3-й и 4-й группы среднегрупповые значения УОК и МОК близки к величине возрастной нормы.

Практически у всех обследованных подростков средний уровень ИР, что свидетельствует о недостаточных функциональных возможностях ССС в сравнении с константой. В ответ на физическую нагрузку показатель значительно возрастал. В работах Г.Л. Апанасенко [11] подчеркивается, что чем больше ИР на высоте физической нагрузки, тем выше функциональные возможности ССС.

## Обсуждение

Таким образом, проведенное исследование реакции ССС на дозированную физическую нагрузку у подростков, проживающих в различных экологических условиях, выявило ряд особенностей. У подростков промышленных центров при проведении функционального теста установлены признаки выраженного функционального напряжения ССС: резкая тахикардия; значительный прирост САД и ДАД; отставание от возрастной нормы насосной функции сердца. У подростков неэкспонированного сельского населенного пункта, удаленного от промышленных источников загрязнения, реакции ССС на нагрузку свидетельствуют о достаточных адаптивно-приспособительных возможностях. Проведенные исследования позволили выявить у подростков, проживающих в сельских условиях, наличие статистически тесной значимой корреляционной связи между антропометрическими показателями (S) параметрами гемодинамики (УОК – у девочек  $r = -0,64$  при  $p = 0,001$ ; МОК – у мальчиков  $r = -0,51$  при  $p = 0,008$ ; у девочек  $r = -0,41$  при  $p = 0,05$ ). У городских детей, проживающих в условиях хронической ингаляционной нагрузки, наблюдается дисбаланс изучаемых параметров организма, что подтверждено отсутствием корреляционных связей.

Таблица 3 **Заключение****Среднегрупповые показатели деятельности сердечно-сосудистой системы у подростков в состоянии покоя и после нагрузки ( $M \pm m$ )**

Показатель	Мальчики		Девочки	
	в покое	после нагрузки	в покое	после нагрузки
<i>1-я группа</i>				
ЧСС в 1 мин	77,7 ± 1,1	100,5 ± 2,0*	78,2 ± 0,9	110,6 ± 1,8•
САД, мм рт. ст.	115,6 ± 0,9*	132,8 ± 1,0*	106,9 ± 0,9	124,8 ± 1,0
ДАД, мм рт. ст.	71,2 ± 0,7	75,9 ± 0,9	70,8 ± 0,7	76,1 ± 0,9
УОК, мл/мин	28,6 ± 0,8*	32,1 ± 0,9*	24,4 ± 0,5•	27,5 ± 0,9•
МОК, мл/мин	2174 ± 64*	3120 ± 105	1890 ± 43,9•	2952 ± 95,7
ИР, усл.ед.	89,0 ± 1,5*	131,9 ± 3,1•	83,9 ± 1,4	138,1 ± 2,9•
<i>2-я группа</i>				
ЧСС в 1 мин	76,5 ± 1,5	107,3 ± 2,9*	77,8 ± 1,1	118,7 ± 2,3•
САД, мм рт. ст.	114,6 ± 1,3*	137,0 ± 1,7*	107,9 ± 0,9•	131,0 ± 1,2
ДАД, мм рт. ст.	71,5 ± 1,1	82,6 ± 1,3	71,8 ± 0,8•	83,2 ± 1,0
УОК, мл/мин	29,7 ± 1,1*	29,3 ± 1,5*	25,1 ± 0,7•	24,9 ± 1,1•
МОК, мл/мин	2193 ± 93,9*	2854 ± 169	1918 ± 53,1•	2726 ± 126
ИР, усл.ед.	86,6 ± 2,4	141,2 ± 5,6*	84,1 ± 1,6	152,2 ± 4,1•
<i>3-я группа</i>				
ЧСС в 1 мин	78,3 ± 3,3	97,5 ± 4,5*	86,5 ± 2,9	110,5 ± 3,3•
САД, мм рт. ст.	112,0 ± 2,7	128,8 ± 3,4	109,7 ± 1,5	122,2 ± 1,9
ДАД, мм рт. ст.	70,0 ± 2,3•	76,3 ± 3,4•	71,1 ± 1,4	75,8 ± 1,8
УОК, мл/мин	31,3 ± 2,3•	32,8 ± 3,1	29,9 ± 1,4	31,0 ± 1,9
МОК, мл/мин	2378 ± 153,7	3104,6 ± 267	2424 ± 136,6	3223,9 ± 232
ИР, усл.ед.	87,5 ± 3,9	125,5 ± 6,6•	92,5 ± 4,9	131,8 ± 6,7•
<i>4-я группа</i>				
ЧСС в 1 мин	76,9 ± 3,4	83,9 ± 3,3*	82,5 ± 2,5	96,6 ± 3,9
САД, мм рт. ст.	109,7 ± 2,7	119,7 ± 2,8*	108,3 ± 2,5	120,9 ± 2,9*
ДАД, мм рт. ст.	63,2 ± 1,6	65,6 ± 1,7	66,7 ± 1,3	70,3 ± 0,8
УОК, мл/мин	38,3 ± 1,6*	40,3 ± 2,2	32,8 ± 1,6	32,9 ± 2,2
МОК, мл/мин	2940 ± 167,9	3293,7 ± 162	2718 ± 160,5	3180 ± 271,9
ИР, усл.ед.	84,4 ± 4,6	103,4 ± 5,4	89,9 ± 3,9	123,9 ± 7,1

Примечание: различия между мальчиками и девочками статистически достоверны при \* -  $p < 0,05$ , при сравнении с показателями 4-й группы • -  $p < 0,017$ .

Можно предположить, что более высокие адаптивные возможности ССС у сельских подростков обусловлены тренированностью кардиосистемы к физическим нагрузкам, с которыми круглогодично сталкиваются третья часть подростков 3-го района и более половины подростков 4-го района.

Результаты литературного обзора по исследуемому вопросу противоречивы. Исследованиями А.Р. Сабирьянова и соавт. [15] показано, что в покое у сельских детей показатели гемодинамики выше, чем у городских. Установленный факт авторами объясняется как следствие внутрисистемной компенсации особенностей развития ССС. В исследовании М.В. Табакаева и соавт. [4] приводятся данные о том, что у подростков под влиянием аэротехногенной нагрузки показатели артериального давления повышаются.

Результаты проведенного нами исследования свидетельствуют, что на фоне длительного воздействия сравнительно невысоких концентраций химических веществ общетоксического действия (1,5 ПДК диоксида серы, 1,3 ПДК оксида углерода, 1,2 ПДК взвешенных веществ, 1,1 ПДК аммиака, 1,1 ПДК диоксида азота) у подростков 1-го района выявлены признаки функционального напряжения ССС. Проведенные ранее исследования [16] подростков 1-го района выявили у 35,2 % признаки напряжения компенсаторно-восстановительных резервов, в том числе тахикардию и медленное восстановление функционального состояния ССС после физической нагрузки.

Таким образом, у обследованных подростков 1-го района, подвергающихся ингаляционному химическому воздействию, выявлено функциональное напряжение ССС при дополнительной нагрузке. Проведенное исследование показало, что у подростков 4-го района, проживающих в условиях села, ССС имеет более высокий уровень выносливости и энергопотенциала, чем у подростков – жителей промышленного города и пригородных территорий. Уровень адаптированности ССС к дозированной физической нагрузке у подростков 4-го района – жителей села является более высоким, чем у подростков 1-го и 3-го районов, проживающих в условиях промышленного города и пригородной территории. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости продолжения исследований функционального состояния ССС подростков с учетом всех факторов, в том числе тренированности ССС в условиях сельской местности.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература (п. п. 12 см. References)

1. Рахманин Ю.А. Актуализация методологических проблем регламентирования химического загрязнения и изучения его влияния на качество жизни и здоровье населения. В кн.: *Материалы Пленума НС по экологии и гигиене окружающей среды РФ «Методологические проблемы изучения, оценки и регламентирования химического загрязнения окружающей среды и его влияния на здоровье населения»*. М.; 2015.
2. Heroux M.E., Braubach M., Korol N., Krzyzanowski M., Paupovic E., Zastenskaya I. Основные выводы о медицинских аспектах загрязнения воздуха: проекты REVIHAAP и HRAPIE ВОЗ/ЕК. *Гигиена и санитария*. 2013; 92(6): 9–14.
3. Баздырев Е.Д., Барбараш О.Л. Экология и сердечно-сосудистые заболевания. *Экология человека*. 2014; (5): 53–9.
4. Табакаев М.В., Артамонова Г.В. Влияние загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами на распространенность сердечно-сосудистых заболеваний среди городского населения. *Вестник РАМН*. 2014; 3-4: 55–60.
5. Суменко В.В., Боев В.М., Лебедькова С.Е., Рошупкин А.Н. Состояние здоровья у детей в зависимости от уровня и характера антропогенного загрязнения. *Гигиена и санитария*. 2012; 91(1): 67–9.
6. Кикун П.Ф., Горбукува Т.В. Эколого-гигиенические факторы в Приморском крае и болезни системы кровообращения у населения. *Гигиена и санитария*. 2010; 89(6): 15–8.
7. Пинигин М.А. Гигиенические основы оценки степени загрязнения атмосферного воздуха. *Гигиена и санитария*. 1993; 72(7): 4–8.
8. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России; 2004.
9. Комаров Ю.М., ред. *Руководство по статистике в медицине и биологии*. Т. 1-2. М: Медицина; 2001.
10. Захарченко М.П., Маймулов В.Г., Шабров А.В. *Диагностика в про-филактической медицине*. СПб.: МФИН; 1997.
11. Апанасенко Г.Л., Попова Л.А. *Медицинская валеология*. Ростов-на-Дону: Феникс; 2000.
12. Баранов А.А., Щеплягина Л.А., ред. *Физиология роста и развития детей и подростков (теоретические и клинические вопросы): руководство для врачей: В 2 т.* М.: ГЭОТАР-Медиа; 2006.
13. Зиллов В.Г., Смирнов В.М. Физиология детей и подростков: учебное пособие. М.: Медицинское информационное агентство; 2008.
14. Сабирьянов А.Р., Сабирьянова Е.С., Возницкая О.Э. Современные особенности морфофункционального состояния сельских и городских детей младшего школьного возраста. *Педиатрия. Журнал имени Г.Н. Сперанского*. 2006; 85(5): 105–7.
15. Катульская О.Ю., Ефимова Н.В., Катульский Ю.Н. Комплексная оценка функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы детей промышленного города. *Гигиена и санитария*. 2008; 87(6): 56–9.

## References

1. Rakhmanin Yu.A. Update of the methodological problems of regulation of chemical pollution and study its impact on quality of life and health. In: *Methodological Problems in the Study, Assessment and Regulation of Chemical Pollution and its Impact on Public Health: Mat. of the Plenum of the Scientific Council on Ecology and Environmental Health of the*

- Russian [Materialy Plenuma NS po ekologii i gigiene okruzhayushchey sredy RF «Metodologicheskie problemy izucheniya, otsenki i reglamentirovaniya khimicheskogo zagryazneniya okruzhayushchey sredy i ego vliyaniya na zdorov'e naseleniya»]. Moscow; 2015. (in Russian)
- Heroux M.E., Braubach M., Korol N., Krzyzanowski M., Paunovic E., Zastenskaya I. The main conclusions of the medical aspects of Air Pollution: Projects: projects REVIHAAP и HRAPIE WHO /EC. *Gigiena i sanitariya*. 2013; 92(6): 9–14. (in Russian)
  - Bazdyrev E.D., Barbarash O.L. Ecology and cardiovascular disease. *Ekologiya cheloveka*. 2014; (5): 53–9. (in Russian)
  - Tabakaev M.V., Artamonova G.V. The impact of air pollution particulate matter on the incidence of cardiovascular diseases among the urban population. *Vestnik RAMN*. 2014; (3-4): 55–60. (in Russian)
  - Sumenko V.V., Boev V.M., Lebed'kova S.E., Roshchupkin A.N. The health status of children, depending on the level and nature of anthropogenic pollution. *Gigiena i sanitariya*. 2012; 91(1): 67–9. (in Russian)
  - Kiku P.F., Gorburokova T.V. Ecological and hygienic factors in the Primorsky Territory and circulatory system diseases among the population. *Gigiena i sanitariya*. 2010; 89(6): 15–8. (in Russian)
  - Pinigin M.A. Hygienic bases of assessment of ambient air pollution. *Gigiena i sanitariya*. 1993; 72(7): 4–8. (in Russian)
  - Guidelines for assessment of health risk when exposed to chemicals, environmental pollutants. Moscow: Federal center of sanitary inspection Ministry of health of Russia; 2004. (in Russian)
  - Komarov Yu.M., ed. *Manual on Statistics in Medicine and Biology [Rukovodstvo po statistike v meditsine i biologii]*. Vol. 1-2. Moscow: Meditsina; 2001. (in Russian)
  - Zakharchenko M.P., Maymulov V.G., Shabrov A.V. *Diagnosis in Preventive Medicine [Diagnostika v profilakticheskoy meditsine]*. St. Petersburg: MFIN; 1997. (in Russian)
  - Apanasenko G.L., Popova L.A. *Medical Valueology [Meditsinskaya valeologiya]*. Rostov-na-Donu: Feniks; 2000. (in Russian)
  - Mosteller R.D. Simplified Calculation of Body Surface Area. *N. Engl. J. Med.* 1987; 317(17): 1098.
  - Baranov A.A., Shcheplyagina L.A., eds. *Physiology of Growth and Development of Children and Adolescents (Theoretical and Clinical Issues): A Guide for Physicians: in 2 vol. [Fiziologiya rosta i razvitiya detey i podrostkov (teoreticheskie i klinicheskie voprosy): rukovodstvo dlya vrachev: v 2 t.]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2006. (in Russian)
  - Zilov V.G., Smirnov V.M. *The Physiology of Children and Adolescents: a Tutorial [Fiziologiya detey i podrostkov: uchebnoe posobie]*. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo; 2008. (in Russian)
  - Sabir'yanov A.R., Sabir'yanova E.S., Voznitskaya O.E. Modern features of morphofunctional state of the rural and urban primary school children. *Pediatrics. Zhurnal imeni G.N. Speranskogo*. 2006; 85(5): 105–7. (in Russian)
  - Katul'skaya O.Yu., Efimova N.V., Katul'skiy Yu.N. Comprehensive assessment of the functionality of the cardiovascular system of children of an industrial city. *Gigiena i sanitariya*. 2008; 87(6): 56–9. (in Russian)

Поступила 15.01.16

Принята к печати 04.10.16

© КИСЕЛЕВ С.М., 2017

УДК 614.876:546.296

Киселев С.М.

## ФОРМИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ МЕТОДОЛОГИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ОБЛУЧЕНИЯ РАДОНОМ

ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123182, Москва

*В работе представлен современный взгляд на проблему облучения населения радоном и дочерними продуктами распада радона, отражена роль авторитетных международных организаций в формировании научных и методологических аспектов регулирования в области защиты населения от основного компонента природного облучения. Представлены предложения о совершенствовании регулирования радиационной защиты населения России от радона.*

**Ключевые слова:** радон; регулирование; национальный план действий; МКРЗ; НКДАР; МАГАТЭ; ВОЗ.

**Для цитирования:** Киселев С.М. Формирование современной методологии регулирования защиты населения от облучения радоном. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(1): 52-56. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-52-56>

Kiselev S.M.

### FORMATION OF MODERN METHODOLOGY OF THE REGULATION OF PROTECTION POPULATION FROM RADIATION WITH RADON

State Research Center – A. I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA of Russia, Moscow, 123182, Russian Federation

*This paper presents a contemporary view on the issue of public exposure to radon and its progenies, reflects the role of international organizations in shaping the scientific and methodological aspects of regulation of public radiological protection against inert radioactive gas. Proposals for improving the regulatory issues concerning public protection against radon are considered.*

**Keywords:** radon; regulation; national action plan; ICRP; UNSCEAR; IAEA; WHO.

**For citation:** Kiselev S.M. Formation of modern methodology of the regulation of protection population from radiation with radon. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(1): 52-56. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-52-56>

**For correspondence:** Sergey M. Kiselev, MD, PhD, leading of the Laboratory of Radiation Communal Hygiene of the State Research Center – A. I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of FMBA of Russia, 123182, Moscow, Russian Federation. E-mail: [sergbio@gmail.com](mailto:sergbio@gmail.com)

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship.

Received: 22 September 2015

Accepted: 17 November 2015

**Для корреспонденции:** Киселев Сергей Михайлович, канд. биол. наук, вед. науч. сотр., ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123182, Москва. E-mail: [sergbio@gmail.com](mailto:sergbio@gmail.com)