

ЗДОРОВЬЕ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 613.956-092:612.014.49-053.6

Крючкова Е.Н., Истомин А.В. Сааркоппель Л.М., Яцына И.В.

ДЕТЕРМИНАНТЫ АДАПТАЦИОННЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА ПОДРОСТКОВ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора,
141014, г. Мытищи, Московской обл.

Изучены особенности фактического питания, показатели обменных процессов, состояние иммунитета и адаптационный потенциал организма подростков Крайнего Севера и средней полосы Российской Федерации. Выявлены региональные особенности иммунологических и биохимических показателей состояния здоровья школьников. Анализ корреляционной взаимосвязи клинико-лабораторных показателей обменных процессов, иммунитета и антиоксидантного статуса школьников свидетельствует о состоянии адаптивного напряжения, более выраженного у школьников Крайнего Севера.

Ключевые слова: *подростки; адаптационный потенциал; коэффициент корреляционной адаптации; обменные процессы; иммунитет, антиоксидантный статус*

Для цитирования: Крючкова Е.Н., Истомин А.В. Сааркоппель Л.М., Яцына И.В. Детерминанты адаптационных резервов организма подростков различных регионов. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2017; 61(3): 143—147.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0044-197X-2017-61-3-143-147>

Kryuchkova E.N., Istomin A.V., Saarkoppel' L.M., Yatsyna I.V.

THE DETERMINANTS OF ADAPTIVE RESOURCES OF ORGANISM OF ADOLESCENTS OF VARIOUS REGIONS

The F.F. Erisman Federal Research Center of Hygiene, Mytishchi,
Moscow region, 141000, Russian Federation

The features of factual nutrition, indices of metabolism processes, immunity condition and adaptation potential of organism of adolescents of the Far North and middle zone of the Russian Federation are examined. The regional features of immunologic and biochemical indices of schoolchildren health condition. The analysis of correlation relationship between clinical laboratory indices of metabolism processes, immunity and antioxidant status of schoolchildren testifies condition of adaptive tension, more intensively expressed in schoolchildren of the Far North.

Key words: *adolescents; adaptation potential; coefficient of correlation adaptation; metabolism processes; immunity; antioxidant status.*

For citation: Kriuchkova E.N., Istomin A.V., Saarkoppel' L.M., Yatsyna I.V. The determinants of adaptive resources of organism of adolescents of various regions. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii (Health Care of the Russian Federation, Russian journal)*. 2017; 61 (3): 143—147. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0044-197X-2017-61-3-143-147>

For correspondence: Elena N. Kryuchkova, doctor of biological sciences, leading researcher of branch of laboratory diagnostic The F.F. Erisman Federal Research Center of Hygiene, Mytishchi, Moscow region, 141000, Russian Federation. E-mail: kdlfncg@yandex.ru

Information about authors:

Kryuchkova E.N., <http://orcid.org/0000-0002-4800-433X>

Istomin A. V. <http://orcid.org/0000-0001-7150-225X>

Saarkoppel' L.M., <http://orcid.org/0000-0003-2825-8858>

Yatsyna I.V., <http://orcid.org/0000-0002-8650-8803>

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

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

Received 26 February 2017

Accepted 14 March 03 2017

Сохранение и укрепление здоровья детей и подростков являются актуальными проблемами здравоохранения, так как они составляют фундаментальную основу трудового потенциала страны и ее национальной безопасности [1—3]. Известно, что формирование здоровья детей и подростков во многом зависит от качества среды обитания, условий образования и воспитания, материальной обеспеченности, бытовых условий, питания и многих других факторов. Несоответствие нагрузки факторов среды обитания функциональным возможностям организма ребенка, особенно в условиях неполноценного питания, приводит к различным отклонениям в развитии растущего организма [4].

Сбалансированное питание в детском и подростковом возрасте, напротив, способствует профилактике заболеваний, повышению работоспособности, физическому и умственному развитию, создает условия для адаптации подрастающего поколения к окружающей среде и оказывает существенное влияние на состояние здоровья человека на протяжении всей последующей жизни [5].

Одним из перспективных методов оценки адаптационных резервов организма в популяции является метод корреляционной адаптометрии, который позволяет охарактеризовать различные аспекты взаимосвязей во множестве переменных. Основная идея метода — это демонстрация положения о том, что информационные взаимоотношения как внутри отдельных функциональных систем, так и в межсистемных связях в целом организме весьма чувствительны к внешним воздействиям [6].

Многолетние исследования, базирующиеся на сравнительном анализе популяций и групп, находящихся в различных экологических и социально-гигиенических условиях, свидетельствуют о высокой информативности корреляции между физиологическими параметрами для оценки степени адаптированности популяции к экстремальным или изменившимся условиям [7].

Вышеизложенное определило актуальность настоящего исследования, посвященного изучению фактора питания, особенностей обменных процессов, состояния иммунитета и адаптационного потенциала организма подростков, проживающих в контрастных климатогеографических регионах РФ (Крайний Север и средняя полоса).

Материал и методы

Для достижения поставленной цели было проведено когортное исследование с участием 140 детей старшего школьного возраста (14—16 лет): 68 подростков, проживающих в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО), и 72 школьников Московской области (МО).

Пищевая и биологическая полноценность рационов оценивалась по основным показателям, регламентируемым «Нормами физиологических

потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения РФ» (МР 2.3.1.2432—08).

Биохимические и иммунологические исследования проводились с использованием тест-систем отечественных и зарубежных фирм на автоматических анализаторах — биохимическом Метролаб 2300 и иммуноферментном ChemWell.

В рамках применения метода корреляционной адаптометрии оценивалась сопряженность исследуемых показателей по весу корреляционного графа (G), рассчитываемого как сумма соответствующих коэффициентов парной корреляции без учета их направленности: $G = \sum |r_{ij}|$, где r_{ij} — коэффициенты корреляции между показателями i и j , определяемые уровнем достоверности ($0,35 \leq r_{ij} \leq -0,35$). В разработку брались данные, подчиняющиеся нормальному распределению.

Исходя из существенной вариабельности величины корреляционного графа в зависимости от числа изучаемых показателей, мы разработали методику определения коэффициента корреляционной адаптации ($K_{КА}$), который рассчитывают на базе полученных данных для количественной характеристики функциональных отклонений в различных группах обследуемых: $K_{КА} = G/N$, где N — количество исследуемых показателей [8].

Для смысловой оценки и градации степени изменения адаптационного потенциала организма с учетом значения $K_{КА}$ проанализирована взаимосвязь данного показателя со средней частотой отклонения лабораторных показателей от нормы, т.е. диагностической чувствительностью биомаркеров, с которой выявлена сильная (почти функциональная) отрицательная корреляционная связь ($r = -0,966—0,981$). Сопоставив данные показатели, выделили 4 уровня значений $K_{КА}$, характеризующих состояние функционального потенциала групп обследуемых:

- 1-й уровень — оптимальный; $K_{КА} > 0,3$ (диагностическая чувствительность — ДЧ $\leq 20\%$);
- 2-й уровень — удовлетворительный; $0,2 \leq K_{КА} < 0,3$ ($20\% < \text{ДЧ} \leq 25\%$);
- 3-й уровень — снижение функционального потенциала $0,1 \leq K_{КА} < 0,2$ ($25\% \leq \text{ДЧ} < 30\%$);
- 4-й уровень — истощение функционального потенциала $K_{КА} < 0,1$ ($\text{ДЧ} \geq 30\%$).

Статистическая обработка результатов выполнена с помощью прикладных программ Statistica 6. Для всех имеющихся выборок проверялась гипотеза нормальности распределения по критерию Шапиро—Уилкса.

Результаты

Анализ количественного и качественного состава рационов питания школьников ЯНАО и МО свидетельствовал об их углеводной направленности и низком содержании продуктов высокой биологической полноценности. Процентное со-

отношение основных пищевых веществ — белков, жиров и углеводов составило для подростков Севера 13:30:57 (при оптимальном соотношении 15:35:50), для подростков средней полосы 14:29:57 (при оптимальном соотношении 13:30:57).

В питании школьников отмечены негативные тенденции, характеризующиеся недостаточным поступлением с пищей полноценных белков и в первую очередь белков животного происхождения (у учащихся ЯНАО дефицит составил в среднем 20% от физиологической нормы, в группе подростков МО — 13%), а также витаминов, минеральных веществ. Общая калорийность рационов превысила норму у всех обследованных подростков в среднем на 16%.

Необходимой составной частью полноценного питания является достаточное количество витаминов. Как показали проведенные исследования, рационы питания школьников дефицитны по витамину С: в ЯНАО на 20% от физиологической нормы, в МО на 17%. Выявлен также недостаток витамина А (89% от нормы) и установлена пониженная обеспеченность кальцием и йодом в группе подростков Крайнего Севера (75 и 70% от физиологической нормы соответственно). У подростков МО наблюдался только недостаток йода (14% от нормы).

Микронутриентная недостаточность рационов фактического питания учащихся была подтверждена результатами биохимических исследований содержания витаминов и минералов в крови обследуемых.

Изучение минерального обмена у подростков показало, что содержание магния, кальция, меди, цинка в крови северян в 25—40% случаев было ниже возрастной нормы. У подростков средней полосы пониженные показатели этих микроэлементов встречались в 2,5 раза реже.

У 60,3 ± 5,9% школьников ЯНАО уровень аскорбиновой кислоты был достоверно снижен. Содержание жирорастворимых витаминов (ретинол, α-токоферол, β-каротин) было сниженным у 20—25%. При этом у 29,4 ± 5,5% подростков ЯНАО отмечались полигиповитаминозные состояния. В группе подростков средней полосы также наблюдалось пониженное содержание витаминов в крови: аскорбиновой кислоты в 34,7 ± 5,6% случаев ($p = 0,0005$), ретинола и α-токоферола в 14—17% случаев. Полигиповитаминозные состояния встречались у 15,3 ± 4,2%, что было достоверно реже, чем у северян ($p = 0,026$).

На фоне уменьшения поступления в организм природных антиоксидантов у подростков ЯНАО отмечалось достоверное повышение содержания продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ), которое превышало значение нормы у 54,4 ± 6,0% из них. Изменения показателей антиоксидантной защиты имели разнонаправленный характер. В 55,8 ± 6,0% случаев повышалась активность ката-

лазы, в 30,6 ± 5,6% случаев — концентрация церулоплазмина. В то же время снижалось содержание α-токоферола, ретинола, аскорбиновой кислоты и в 45,6 ± 6,0% случаев уменьшалась окисляющая способность миелопероксидазы нейтрофилов.

У школьников средней полосы отклонения от нормы изученных показателей были менее выражены. При достоверно менее значимом увеличении продуктов ПОЛ в 16,7 ± 4,4% случаев ($p < 0,001$), в 33,3 ± 5,5% случаев была повышена активность каталазы ($p = 0,002$). Окисляющая способность миелопероксидазы нейтрофилов в отличие от подростков ЯНАО была повышена в 27,7 ± 5,3% случаев.

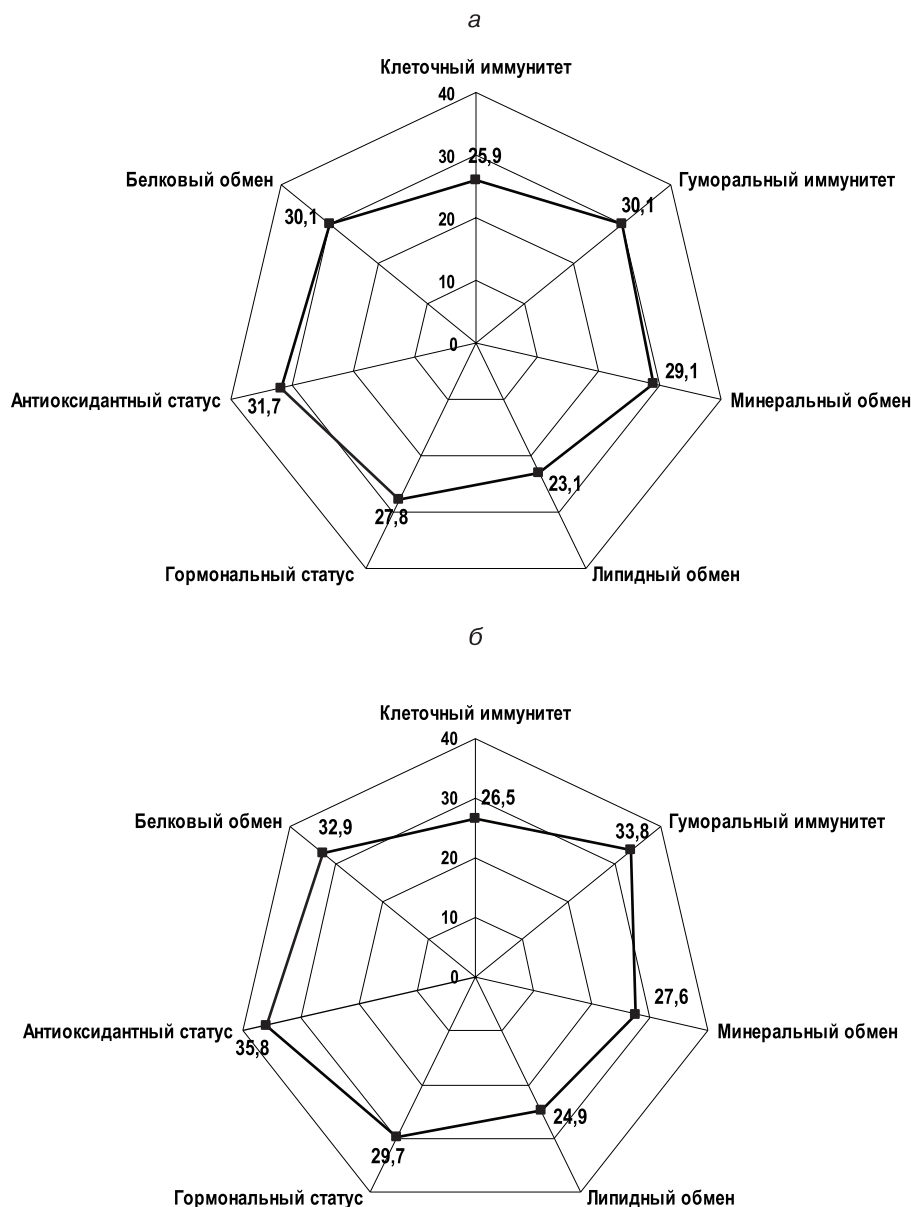
Проведенные исследования клеточного звена иммунитета характеризовались активацией Т-лимфоцитов (СД3+) у 25 ± 5,2% северян и у 16,7 ± 4,4% подростков средней полосы ($p > 0,05$) и Т-хелперов (СД4+) у 10,3 ± 3,6 и 5,6 ± 2,8% соответственно; $p > 0,05$. Одновременно регистрировалось уменьшение содержания Т-супрессоров (СД8+) в крови школьников северной группы и средней полосы (25 ± 5,2 и 9,7 ± 3,5% соответственно; $p = 0,007$). Следует отметить, что В-лимфоцитопения несколько чаще встречалась у северян по сравнению со школьниками средней полосы (17,6 ± 4,6 и 9,7 ± 3,5% соответственно; $p = 0,15$). Исследуя гуморальный иммунитет у подростков, выявили повышенные уровни IgM в крови северян (в 26,4 ± 5,3% случаев) и IgE в обеих группах без достоверных различий по группам (в 41,2 ± 5,9 и 34,7 ± 5,6% случаев).

Изучение показателей тиреоидной функции у подростков показало, что средние значения содержания тироксина, трийодтиронина, тиреотропного гормона гипофиза находились в пределах референтного диапазона нормы. Тем не менее у 20,6 ± 4,8% старшеклассников Заполярья и у 5,6 ± 2,8% школьников средней полосы наблюдалось снижение концентрации свободного тироксина ($p = 0,003$) и повышение в 30,9 ± 5,6 и 9,7 ± 3,5% случаев соответственно уровня ТТГ в крови ($p = 0,0004$). Содержание кортизола в сыворотке крови учащихся ЯНАО было повышено у 47 ± 6,0% обследованных, в МО — у 27,8 ± 5,2% ($p = 0,008$).

Анализ сопряженности иммунологических и биохимических показателей, отражающих изучаемые системы неспецифического ответа организма подростков различных климатических зон на воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды, выявил значительное число и разнообразие достоверных корреляционных связей (r от ±0,35 до 0,70) между ними, что указывает на хорошую адаптированность изучаемых групп школьников.

Суммация модулей (без учета направленности связи) достоверных значений r представлена на рисунке.

По полученным данным, наибольший вклад в слаженность работ исследуемых систем у под-



Оценка силы сопряженности между показателями различных систем гомеостаза у подростков средней полосы (а) и Крайнего Севера (б) (величина корреляционного графа G).

росток Заполярья вносят показатели гуморального иммунитета, гормонального и антиоксидантного статуса, у подростков средней полосы — показатели гуморального и антиоксидантного статуса. Вес корреляционного графа G и значение коэффициента корреляционной адаптации $K_{КА}$ у школьников Севера были несколько выше (30,2 и 0,53 соответственно), чем у подростков средней полосы (28,3 и 0,5), что характеризует мобилизацию функциональных резервов организма северян к воздействию экстремальных факторов.

Обсуждение

Оценка рационов питания школьников различных климатогеографических регионов свидетельствовала о несбалансированности рационов с преобладанием углеводной направленности в

обеих изучаемых группах. Избыток углеводов способствует ожирению, нарушениям со стороны нервной системы, а также аллергии организма. Для коррекции рационов питания подростков целесообразно снижать долю углеводовсодержащих продуктов, а количество мясных, рыбных, молочных и овощных продуктов увеличивать.

Выявлен дефицит необходимых для их развития макро- и микронутриентов, более выраженный у детей Крайнего Севера. Пищевые рационы не содержат достаточного количества белков, жиров животного происхождения, ряда витаминов-антиоксидантов (аскорбиновой кислоты, ретинола, α -токоферола), микроэлементов (Ca, Mg, Zn, Cu, J).

На фоне неадекватного питания у детей Крайнего Севера полигиповитаминозные состояния встречались в 2 раза чаще, чем у подростков средней полосы. У подростков ЯНАО отмечены признаки напряженного функционирования кислородного режима организма с элементами истощения антиоксидантных систем ферментативного и неферментативного характера. Выявленные изменения, с одной стороны, отражали активацию процессов свободнорадикального окисления, а с другой — указывали на недостаточность антиоксидантных систем защиты, что характеризовало специфику адаптивных реакций в условиях Крайнего Севера.

Результаты исследования клеточного и гуморального иммунитета подростков свидетельствовали об антигенной стимуляции иммунной системы, формировании дефектов иммунной защиты, нарушении иммунной регуляции, ведущем к состоянию адаптивного напряжения, более выраженного в условиях Крайнего Севера. Снижение резервных возможностей иммунной регуляции предопределяет торможение возрастного развития иммунной системы у детей с последующим формированием иммунодефицитных состояний у взрослой популяции.

Эндокринная система организма человека активно реагирует на изменения окружающей среды и играет важную роль в адаптации к неблагоприятным воздействиям. Выявленные у школьников

Крайнего Севера повышение секреции глюкокортикоидных гормонов, в частности кортизола, и угнетение секреции гормонов щитовидной железы свидетельствуют об адаптивном напряжении эндокринной системы.

Примененный в наших исследованиях метод корреляционной адаптометрии позволил оценить сопряженность ответа различных систем организма на воздействие факторов среды обитания и выявить региональные особенности процесса адаптации подростков различных регионов. При оценке сопряженности адаптационных изменений выявили большую мобилизацию адаптационных резервов у северян, о чем свидетельствовало более высокое значение корреляционного графа и коэффициента корреляционной адаптации у подростков ЯНАО. Вместе с тем поддержание организма в таком состоянии требует достаточного пополнения энергетических резервов.

Заключение

Проведенные исследования отражают несбалансированность структуры питания школьников различных регионов РФ, характеризующуюся углеводной направленностью и снижением уровня потребления полноценных продуктов (белков животного происхождения, витаминов, минеральных веществ). Дефицит необходимых элементов оказывает негативное влияние на защитные силы, систему иммунитета детского организма и является фактором риска нарушения здоровья, более высокого в условиях Крайнего Севера. Оценка адаптационного потенциала организма, проведенная методом корреляционной адаптометрии, свидетельствует о мобилизации функциональных резервов организма северян по сравнению с подростками средней полосы.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кучма В.Р., Макарова А.Ю. Гигиена жизнедеятельности детей и подростков — основа благополучия подрастающего поколения россиян. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(5): 491—6.
2. Валиулина С.А., Винярская И.В. Состояние здоровья детей с позиции качества жизни. *Вопросы современной педиатрии*. 2006; (5): 18—21.
3. Винярская И.В. Показатели качества жизни здоровых подростков, проживающих в разных регионах России. *Общественное здоровье и здравоохранение*. 2007; (3): 37—40.
4. Кучма В.Р. Риски здоровью детей в процессе жизнедеятельности: проблемы, методы оценки, технологии управления. *Российский педиатрический журнал*. 2016; 19(4): 238—43.
5. Ладнова Г.Г., Истомина А.В. Эколого-гигиенические подходы к оценке воздействия факторов риска окружающей среды на здоровье школьников. В кн.: *Материалы Всероссийской научно-практической конференции «История и перспективы отечественной гигиенической науки и практики»*. М.; 2015: 183—4.
6. Горбань А.Н., Смирнова Е.В., Чеусова Е.П. Динамика корреляций при адаптации и организации систем экологических факторов. В кн.: *Материалы I^о Всероссийского семинара «Моделирование неравновесных систем»*. Красноярск; 1998: 51—2.
7. Юдина Т.В., Крючкова Е.Н., Сааркоппель Л.М. Функциональный потенциал организма работающих: оценка и способы повышения. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. 2013; 12(1): 109—12.
8. Крючкова Е.Н., Сааркоппель Л.М., Юдина Т.В. Оценка функционального потенциала организма работников вредных производств. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; (9): 79.

REFERENCES

1. Kuchma V.R., Makarova A. Yu. Hygiene of children's and adolescents' life is the basis of the well-being of the younger generation of Russians. *Gig. i san.* 2016; 95(5): 491—6. (in Russian)
2. Valiulina S.A., Vinyarskaya I.V. The state of children's health from the perspective of quality of life. *Voprosy sovremennoy pediatrii*. 2006; (5): 18—21. (in Russian)
3. Vinyarskaya I.V. The quality of healthy adolescents' life living in different regions of Russia. *Obshchestvennoe zdorov'e i zdoravookhranenie*. 2007; (3): 37—40. (in Russian)
4. Kuchma V.R. Risks to children's health in the process of life: challenges, evaluation techniques, control technology. *Rosyo pediatrio zhurn.* 2016; 19(4): 238—43. (in Russian)
5. Ladnova G.G., Istomin A.V. Sanitary-ecological approaches to assessing the impact of environmental risk factors on health of schoolchildren. In: *History and Perspectives of Hygienic Science and Practice: Russian Scientific-Practical Conference. [Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Istoriya i perspektivy otechestvennoy gigienicheskoy nauki i praktiki»]*. Moscow; 2015: 183—4. (in Russian)
6. Gorban' A.N., Smirnova E.V., Cheusova E.P. Dynamics of correlations in the adaptation and organization of systems of ecological factors. In: *Modeling of Nonequilibrium Systems: Russian seminar. [Materialy I Vserossiyskogo seminar «Modelirovanie neravnovesnykh sistem»]*. Krasnoyarsk; 1998: 51—2. (in Russian)
7. Yudina T.V., Kryuchkova E.N., Saarkoppel' L.M. The functional capacity of workers: assessment and ways to improve. *Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh*. 2013; 12(1): 109—12. (in Russian)
8. Kryuchkova E.N., Saarkoppel' L.M., Yudina T.V. Evaluation of the functional potential of workers' organism in harmful manufactures. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2015; (9): 79. (in Russian)