

УДК 613.6.02:622:616.15-008.1

## ИЗМЕНЕНИЯ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У РАБОТНИКОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Власова Н.В., Масыгутова Л.М., Аралбаев Х.Ф., Хайруллин Р.У., Иванова Р.Ш.

ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Россия

*Предприятия горнодобывающей промышленности являются основой экономики страны. Воздействию химического фактора подвержены работники, которые занимают 12,7% от общей доли всех трудящихся в данной отрасли. Проведены гигиенические и клинико-лабораторные исследования работникам горнорудной промышленности Республики Башкортостан. Лабораторное обследование показало изменения в клиническом анализе крови: повышенный уровень гемоглобина у  $28,57 \pm 3,83\%$ , лимфоцитоз у  $30,00 \pm 3,89\%$ , эозинофилия у  $12,78 \pm 2,91\%$  всех обследованных лиц основной группы. Выявленные изменения могут быть последствиями длительного воздействия кремниевых соединений на здоровье работников.*

**Ключевые слова:** кремниевые аэрозоли, гематологические показатели, лабораторная диагностика.

**Для цитирования:** Н.В. Власова, Л.М. Масыгутова, Х.Ф. Аралбаев, Р.У. Хайруллин, Р.Ш. Иванова. ИЗМЕНЕНИЯ ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У РАБОТНИКОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. Медицина труда и экология человека. 2020; 3:21-28

**Для корреспонденции:** Власова Наталья Викторовна, кандидат биологических наук, биолог клинико-биохимической лаборатории ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», e - mail: [vnv.vlasova@yandex.ru](mailto:vnv.vlasova@yandex.ru)

**Финансирование:** Исследование не имело финансовой поддержки.

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

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2020-10303>

## CHANGES IN HEMATOLOGICAL INDICATORS IN MINING INDUSTRY WORKERS

N.V Vlasova., L.M. Masyagutova, H.F. Aralbaev, R.U. Khayrullin, R. Sh. Ivanova

Ufa Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russian Federation

*Mining enterprises play a decisive role in the development of the country's economy. The exposure to the chemical factor affects workers who occupy 12,7% of the total share of all workers in this industry. Hygienic and clinical laboratory studies of mining workers of the Republic of Bashkortostan were carried out. A laboratory examination showed changes in the clinical analysis of blood: increased hemoglobin in  $19,55 \pm 3,45\%$ , lymphocytosis in  $16,54 \pm 3,23\%$ , eosinophilia in  $12,78 \pm 2,91\%$  of all examined individuals of the main group. Identified changes may be the consequences of prolonged exposure to silicon compounds on the health of workers.*

**Key words.** Silicon aerosols; hematological parameters; laboratory diagnostics.

**For citation:** N.V. Vlasova, L.M. Masyagutova, H.F. Aralbaev, R.U. Khairullin, R.Sh. Ivanova. CHANGES IN HEMATOLOGICAL INDICATORS AMONG MINING WORKERS. Occupational health and human ecology. 2020; 3:21-28

**For correspondence:** Natalya V. Vlasova, PhD in Biology, biologist of the clinical and biochemical laboratory, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology E-mail: [vnv.vlasova@yandex.ru](mailto:vnv.vlasova@yandex.ru)

**Funding:** The study was not financially supported.

**Conflict of interest:** The authors declare they have no conflict of interest.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2020-10303>

Горнодобывающие предприятия занимают ведущее место в формировании экономики страны. В Республике Башкортостан данную отрасль представляют медно-колчеданные месторождения Учалинского, Подольского, Сибайского рудных узлов [1]. По данным Башкортостанстата, на конец 2018 года в сфере добычи полезных ископаемых числятся 34340 человек, из них 14173 (41,3%) заняты на работах с вредными и (или) опасными условиями труда. Воздействию неблагоприятных факторов подвержены 4376 работников, которые занимают 12,7% от общей доли всех трудящихся в данной отрасли [2].

Основным продуктом добычи данной отрасли являются железные, марганцевые, медные, полиметаллические, сплошные и вкрапленные колчеданные руды. Наиболее характерные вредные элементы-примеси — мышьяк, сурьма, ртуть, фтор и др.

Результаты анализа химического состава воздуха в зоне добычи руды свидетельствуют о наличии различных металлов (оксид цинка, медь, оксид железа, свинец, оксид марганца, диоксид хрома, хром триоксид, оксид никеля, кадмий, молибден) в количествах, не превышающих ПДК. При этом содержание  $\text{SiO}_2$  может достигать от 3 до 90% [3].

Подземная разработка месторождений — это основной способ добычи полезных ископаемых. Медные и медно-цинковые запасы руд залегают на значительных глубинах, а технологические процессы их переработки сопровождаются загрязнением рабочей зоны пылью руды, аэрозолями фиброгенного действия, вибрацией и шумом [1].

Кристаллический кремнезем — один из самых распространенных минералов на земле, часто встречающийся в рабочих и бытовых условиях [4]. Эффект воздействия кремнезема на эпителиальный слой легких зависит от того, является ли он аморфным или кристаллическим [5]. Кроме того, частицы могут проникать в кожу или обонятельные и сенсорные нейрональные пути и таким образом достигать вторичных органов, таких как мозг [6-8]. Кристаллический кремнезем может вызвать ряд профессиональных заболеваний, таких как силикоз, хронические пылевые бронхиты, и может быть одной из причин развития онкологических заболеваний верхних дыхательных путей [9]. Кроме того, несколько эпидемиологических исследований связывают воздействие кремнезема с повышенной смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) и почечной дисфункции. Международная научно-исследовательская организация по исследованию рака (МАИР) классифицирует кристаллический кремнезем как канцероген группы I [10].

Общий анализ крови является одним из наиболее распространенных лабораторных исследований. Гемограмма позволяет быстро оценить состояние организма [11]. Различные изменения состава периферической крови имеют важное диагностическое значение и могут быть использованы при диагностике состояния здоровья работников горно-обогатительного комбината. Проведенные исследования представляются особенно актуальными.

**Цель работы** – изучить гематологические показатели крови у работников УГОК, имеющих тесный контакт с кремнийсодержащими аэрозолями и/или пылью.

### **Материалы и методы**

Проведены гигиенические и клиничко-лабораторные исследования на крупном предприятии по добыче медно-колчеданных руд и производству медного, цинкового концентрата – Учалинский ГОК. В зависимости от поставленных задач исследования сформированы две группы обследованных:

1. Работники, имеющие непосредственный контакт с кремнийсодержащими аэрозолями и/или пылью. Средний возраст обследованных составил  $48,42 \pm 9,32$  лет, общий стаж –  $19,04 \pm 10,72$  лет.
2. Группа сравнения – это рабочие, не связанные с воздействием токсического фактора. Все обследованные были идентичны по возрасту и полу.

Анализ клиничко-лабораторных показателей осуществлен по результатам периодического медицинского осмотра (ПМО), проведенного согласно Приказу Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302-н<sup>1</sup>.

Подсчет форменных элементов произведен на гематологическом анализаторе DREW 3 (Drew Scientific, США). Все гематологические показатели определялись согласно общепринятым методикам [12]. Лейкоцитарные индексы (индекс алергизации – ИА и лейкоцитарный индекс интоксикации – ЛИИ) рассчитаны по формулам, которые позволяют оценить адаптационно-компенсаторные возможности организма [13]. Биохимические исследования (содержания глюкозы и общего холестерина в сыворотке крови) выполнялись на полуавтоматическом биохимическом анализаторе «Stat Fax» с использованием реагентов фирмы «Вектор Бест».

Результаты исследования обрабатывались с использованием программного пакета прикладных программ статистического анализа STATISTICA.

### **Результаты и обсуждение**

Основной состав работников на обогатительной фабрике представлен дробильщиками, мельниками, флотаторами; на подземном руднике – проходчиками, бурильщиками, крепильщиками, взрывниками, машинистами насосных установок и др. Группа вспомогательных профессий – слесари и электрослесари по ремонту горного оборудования, сварщики, рабочие по уборке горных выработок и пр. Рабочие подвергаются воздействию неблагоприятных факторов производства (вибрация, шум, загазованность, запыленность, неблагоприятный микроклимат). Общая гигиеническая оценка условий труда

---

<sup>1</sup> Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда: приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 № 302-н [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_120902/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_120902/). — Дата доступа: 24.08.2018.

в зависимости от профессиональной группы, согласно критериям Р.2.2.2006-05, соответствует вредному 3 классу 1-2 степени (3.1-3.2) [14].

Оценка результатов исследования показателей клинического анализа крови позволила установить, что средние значения гематологических показателей (эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов и тромбоцитов) основной группы находятся в пределах референтных значений. Однако отклонения от нормы имеются, и они имеют свои особенности.

Проведенное комплексное обследование показало, что у рабочих основной группы при длительном контакте с кремниевой пылью достоверно чаще ( $p < 0,01$ ), чем у группы сравнения, отмечаются отклонения в показателях системы крови. Так, повышенный (более 160 г/л) уровень гемоглобина выявлен у  $28,57 \pm 3,83\%$  обследованных рабочих. У стажированных работников содержание эритроцитов превышает  $5,1 \cdot 10^{12}/л$  ( $68,57 \pm 3,94\%$ ). Это указывает на активизацию эритропоэза.

Нами зарегистрированы более высокие показатели гематокрита у  $8,57 \pm 2,44\%$  мужчин. При определении средних значений эритроцитарных показателей крови MCV, MCH, MCHC достоверных различий по отношению к норме не выявлено.

При подсчете лейкоцитарной формулы выявлены изменения в виде нейтрофильного лейкоцитоза с левым ядерным сдвигом у  $7,14 \pm 2,18\%$ , лимфоцитоз у  $30,00 \pm 3,89\%$  всех работников основной группы. Увеличение эозинофильных гранулоцитов от 5% и выше проявляется у  $12,78 \pm 2,91\%$  обследованных лиц (табл. 1).

Таблица 1

## Частота отклонений гематологических показателей (%)

Направление отклонения показателей	Основная группа	Группа сравнения
Гемоглобин >160 г/л < 132 г/л	28,57±3,83	16,67±3,41
	1,43±1,01	5,00±1,99
Эритроциты > $5,1 \cdot 10^{12}/л$	68,57±3,94**	35,00±4,37
Гематокрит > 48%(м)	8,57±2,44	24,17±3,92
Лейкоциты > $8,8 \cdot 10^9/л$	24,29±3,64*	9,17±2,64
Сегментоядерные > 70%	7,14±2,18	8,33±2,53
Эозинофилы > 5%	12,78±2,91	8,33±2,53
Лимфоциты > 40%	30,00±3,89	12,50±3,03
СОЭ > 10 мм/ч	4,29±1,72	2,50 ±1,43
Тромбоциты > $320 \cdot 10^9/л$ < $180 \cdot 10^9/л$	2,14±1,23	2,73 ±0,67
	8,57±2,37	7,50±2,41
Индекс аллергизации > 1,2 у. е.	25,00±3,67	22,50±3,82
ЛИИ > 2,1 у. е.	56,43±4,32	70,00±4,20

Примечание: \*различие с группой сравнения достоверно ( $p < 0,05$ ), \*\* различие с группой сравнения достоверно ( $p < 0,01$ ).

Тяжесть эндогенной интоксикации оценена на основании расчета интегральных индексов. Их изменения позволяют охарактеризовать состояние различных звеньев иммунной системы и адаптационные возможности организма. При проведении анализа

лейкоцитарного индекса интоксикации (ЛИИ) было выявлено, что у  $53,43 \pm 4,32\%$  этот показатель был повышен. Индекс аллергизации (ИА) встречается у  $25,00 \pm 3,67\%$  работников производства. При контакте с вредными производственными факторами эти показатели указывают на сенсбилизацию организма, вероятность формирования аутоиммунных процессов и клинических форм патологий (рис. 1).

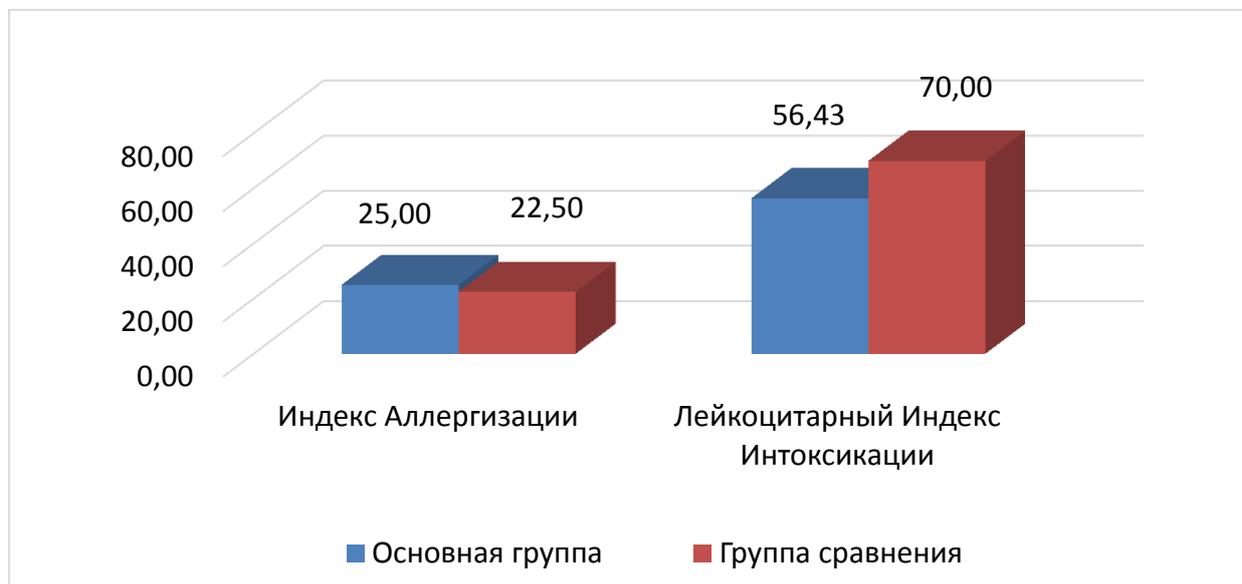


Рис. 1. Частота отклонений диагностически значимых показателей эндогенной интоксикации

По результатам биохимических исследований сыворотки крови у  $25,00 \pm 3,67\%$  работников обогатительного комбината выявлено нарушение углеводного обмена. Гиперхолестеринемия установлена у незначительного числа обследованных –  $2,86 \pm 1,41\%$ . Это указывает, что у данных лиц существует повышенный риск развития атерогенных процессов в организме.

#### **Заключение:**

1. Общая гигиеническая оценка условий труда в зависимости от профессиональной группы работников горно-обогатительного комбината, согласно критериям Р.2.2.2006-05, соответствует вредному 3 классу 1-2 степени (3.1-3.2).
2. Проведенный анализ свидетельствует о том, что показатели гемоглобина, эритроцитов, гематокрита, эозинофилов, лейкоцитарный индекс интоксикации и индекс аллергизации наиболее полно отражают формирование физиологических и клинических отклонений в организме рабочих и могут служить в качестве наиболее информативных и клинически значимых проявлений заболеваний, связанных с профессиональной деятельностью.
3. Гематологические показатели достаточно полно характеризуют ранние изменения здоровья и позволяют сформировать группы риска для дальнейшего углубленного обследования и разработки своевременных лечебно-профилактических мероприятий.

**Список литературы:**

1. Каримова Л.К., Валеева Э.Т., Бейгул Н.А., Лозовая Е.А. Профессиональный риск ущерба здоровью работников горнорудных предприятий Республики Башкортостан. Итоги и перспективы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения Республики Башкортостан. *Материалы научно-практической конференции*. Под общ. ред. к.м.н. Е.Г. Степанова Уфа: Мир печати; 2012.
2. Kai Liu, Min Mu, Kehong Fang, Yuanyuan Qian, Song Xue, Weijiang Hu, Meng Ye. Occupational exposure to silica and risk of heart disease: a systematic review with meta-analysis. *BMJ Open*. 2020; 10(1): e029653, <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-029653>.
3. Семенова И.Н., Рафикова Ю.С.. Гигиеническая характеристика условий труда рабочих Сибайского филиала Учалинского горно-обогатительного комбината. *Фундаментальные исследования*. 2011; №9: 509-512.
4. Weihong Chen, Yuewei Liu, Haijiao Wang, Eva Hnizdo, Yi Sun, Liangping Su. Long-Term exposure to silica dust and risk of total and cause-specific mortality in Chinese workers: A cohort Study. *PLoS Med*. 2012; 9(4): e1001206, <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001206>.
5. Perkins T.N., Shukla A., Peeters P.M., Steinbacher J.L., Landry C.C., Lathrop S.A. Differences in gene expression and cytokine production by crystalline vs. amorphous silica in human lung epithelial cells. *Part. Fibre Toxicol*. 2012; 9: 6, <https://doi.org/10.1186/1743-8977-9-6>.
6. Staronova K., Nielsen J.B., Roursgaard M., Knudsen L.E. Transport of SiO<sub>2</sub> nanoparticles through human skin. *Basic Clin. Pharmacol. Toxicol*. 2012; 111: 142–144.
7. Kreyling W.G. Discovery of unique and ENM- specific pathophysiologic pathways: Comparison of the translocation of inhaled iridium nanoparticles from nasal epithelium versus alveolar epithelium towards the brain of rats. *Toxicol. Appl. Pharmacol*. 2016; 299: 41–46, <https://doi.org/10.1016/j.taap.2016.02.004>.
8. Oberdorster G., Elder A., Rinderknecht A. Nanoparticles and the brain: Cause for concern? *J. Nanosci. Nanotechnol*. 2009; 9: 4996–5007, <https://doi.org/10.1166/jnn.2009.GR02>.
9. Westberg H, Andersson L, Bryngelsson I.L, Ngo Y, Ohlson C.G. Cancer morbidity and quartz exposure in Swedish iron foundries. *Int Arch Occup Environ Health*. 2013; 86(5): 499–507, <https://doi.org/10.1007/s00420-012-0782-4>.
10. International Agency for Research on Cancer (1997). Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils. *IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. 68 42-242. Lyon, France: World Health Organization.
11. Бондарчук С.В., Тыренко В.В., Михалева М.А., Юркин А.К. Клеточный состав крови: показатели гемограммы здоровых лиц Санкт-Петербурга. *Гены & Клетки*. 2016; 11 (3): 129-134.
12. Луговская С. А., Морозова В. Т., Почтарь М. Е., Долгов В. В. *Лабораторная гематология*. М.: Изд-во ЮНИМЕД-пресс, 2002.

13. Фагамова А.З., Тимашева Г.В., Масыгутова Л.М., Шайхлисламова Э.Р., Галимов Ш.Н. Показатели крови и интегральные лейкоцитарные индексы в оценке состояния здоровья работников горно-обогатительного производства. Современные проблемы эпидемиологии, микробиологии и гигиены: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора (Уфа, 2-4 октября 2019 г.) под редакцией А.Ю. Поповой, А.Б. Бакирова. Уфа: Башк. Энцикл., 2019.
14. Руководство Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005.

## References

1. Karimova L.K., Valeeva E.T., Beigul N.A., Lozova E.A. Occupational risk of damage to the health of employees of mining enterprises of the Republic of Bashkortostan. Results and prospects of ensuring the sanitary-epidemiological well-being of the population of the Republic of Bashkortostan. *Materials of the scientific-practical conference*. Under the total. ed. Ph.D. Stepanova E.G.-Ufa: World of the Press, 2012; 105-108 (in Russian).
2. Kai Liu, Min Mu, Kehong Fang, Yuanyuan Qian, Song Xue, Weijiang Hu, Meng Ye. Occupational exposure to silica and risk of heart disease: a systematic review with meta-analysis. *BMJ Open*. 2020; 10(1): e029653, <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-029653>.
3. Semenova I.N., Rafikova Yu. S. Hygienic characteristics of working conditions of workers at the Sibay branch of the Uchalinsky mining and processing plant. *Basic research*. 2011; 9-3: 509-512 (in Russian).
4. Weihong Chen, Yuewei Liu, Haijiao Wang, Eva Hnizdo, Yi Sun, Liangping Su. Long-Term exposure to silica dust and risk of total and cause-specific mortality in Chinese workers: A cohort Study. *PLoS Med*. 2012; 9(4): e1001206, <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001206>.
5. Perkins T.N., Shukla A., Peeters P.M., Steinbacher J.L., Landry C.C., Lathrop S.A. Differences in gene expression and cytokine production by crystalline vs. amorphous silica in human lung epithelial cells. *Part. Fibre Toxicol*. 2012; 9: 6, <https://doi.org/10.1186/1743-8977-9-6>.
6. Staronova K., Nielsen J.B., Roursgaard M., Knudsen L.E. Transport of SiO<sub>2</sub> nanoparticles through human skin. *Basic Clin. Pharmacol. Toxicol*. 2012; 111: 142–144.
7. Kreyling W.G. Discovery of unique and ENM- specific pathophysiologic pathways: Comparison of the translocation of inhaled iridium nanoparticles from nasal epithelium versus alveolar epithelium towards the brain of rats. *Toxicol. Appl. Pharmacol*. 2016; 299: 41–46, <https://doi.org/10.1016/j.taap.2016.02.004>.
8. Oberdorster G., Elder A., Rinderknecht A. Nanoparticles and the brain: Cause for concern? *J. Nanosci. Nanotechnol*. 2009; 9: 4996–5007, <https://doi.org/10.1166/jnn.2009.GR02>.

9. Westberg H, Andersson L, Bryngelsson I.L, Ngo Y, Ohlson C.G. Cancer morbidity and quartz exposure in Swedish iron foundries. *Int Arch Occup Environ Health*. 2013; 86(5): 499–507, <https://doi.org/10.1007/s00420-012-0782-4>.
10. International Agency for Research on Cancer (1997). Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils. *IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. 68 42-242. Lyon, France: World Health Organization.
11. Bondarchuk S.V., Tyrenko V.V., Mikhaleva M.A., Yurkin A.K. Cellular composition of the blood: indicators of the hemogram of healthy individuals in St. Petersburg. *Genes & Cells; Volume XI, 3: 2016; 129-134* (in Russian).
12. Lugovskaya S.A., Morozova V.T., Postman M.E., Dolgov V.V. *Laboratory hematology*. М.: Publishing house UNIMED-press, 2002. - 120 p.
13. Fagamova A.Z., Timasheva G.V., Masyagutova L.M., Shaykhlislamova E.R., Galimov Sh.N. Blood counts and integral leukocyte indices in assessing the health status of mining and processing workers. Current issues of epidemiology, microbiology and hygiene: *materials of the XI All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists of Rospotrebnadzor* (Ufa, October 2-4, 2019) edited by A.Yu. Popova, A.B. Bakirova. - Ufa: Bash. Encycl., 2019; 481-484 (in Russian).
14. Manual P2.2.2006-05 "Guidelines for the hygienic assessment of factors working environment and labor process. Criteria and classification of working conditions" М.: Federal Center of Hygiene and Epidemiology. 2005; 142 (in Russian).

Поступила/Received: 26.08.2020

Принята в печать/Accepted: 10.09.2020