



Зайцева Н.В.¹, Костарев В.Г.², Лужецкий К.П.^{1,3}, Носов А.Е.¹, Устинова О.Ю.^{1,4},
Чигвинцев В.М.¹

Метаболические нарушения у работников шахты по добыче хрома

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 614045, Пермь, Россия;

²Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Пермскому краю, 614016, Пермь, Россия;

³ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Минздрава России, 614000, Пермь, Россия;

⁴ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», 614990, Пермь, Россия

Введение. Исследованы условия труда, клинический и лабораторный статус 236 работников шахты по добыче хрома.

Материалы и методы. В группу наблюдения включены 162 работника подземных специальностей, работающих в условиях сочетанного воздействия негативных производственных факторов (пыль, шум, вибрация, напряжённость и тяжесть труда, охлаждающий микроклимат) – класс 3.3–3.4. В группу сравнения вошли 74 работника шахты, работающих в допустимых условиях труда (класс 2).

Результаты. В группе наблюдения патология сердечно-сосудистой и эндокринной систем (МКБ-10: I00–I99, E00–E07) выявлялась в 2,8–3,3 раза чаще ($p = 0,001–0,02$), относительный риск формирования заболеваний был в 2,7–3,2 раза выше, чем в группе сравнения ($RR = 2,7–3,2$; $DI = 1,44–9,2$; $p = 0,001–0,02$). В условиях сочетанного воздействия негативных производственных факторов в качестве особенностей метаболических нарушений отмечено, что наиболее неблагоприятная абдоминальная форма ожирения диагностировалась в 1,4 раза чаще (42%; $p = 0,013$), индекс атерогенности был в 1,2 раза выше, а уровень ЛПВП в 1,2 раза ниже, чем в группе сравнения ($p = 0,017–0,047$); метаболические индексы – коэффициент накопления липидов (LAP) и индекс висцерального ожирения (VAI) – в 1,2–1,4 раза превышали значения в группе сравнения ($p = 0,001–0,048$). В группах исследования установлена зависимость приоритетных нозологических форм и лабораторных показателей сердечно-сосудистых и эндокринных заболеваний от VAI и LAP, доля объяснённой дисперсии составляла $R^2 = 0,26–0,86$; $p < 0,001–0,005$. Выявлена зависимость коэффициента накопления липидов LAP от концентрации хрома в крови работников шахты ($R^2 = 0,54$; $F \geq 123,1$; $p = 0,001$).

Заключение. Для реализации комплекса медико-профилактических мероприятий, направленных на увеличение продолжительности жизни и трудового долголетия, раннюю профилактику ССЗ, в том числе у работающих на добыче хромовой руды, целесообразно рассмотреть включение в программы медицинских осмотров расчёт ранних маркеров метаболических нарушений – индексов VAI и LAP.

Ключевые слова: шахтёры; добыча хрома; метаболические нарушения; ожирение; коэффициент накопления липидов; индекс висцерального ожирения; периодические медицинские осмотры

Для цитирования: Зайцева Н.В., Костарев В.Г., Лужецкий К.П., Носов А.Е., Устинова О.Ю., Чигвинцев В.М. Метаболические нарушения у работников шахты по добыче хрома. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(10): 1095–1102. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-10-1095-1102>

Для корреспонденции: Лужецкий Константин Петрович, доктор мед. наук, зам. директора по организационно-методической работе, ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614000, Пермь. E-mail: nemo@fcrisk.ru

Участие авторов: Зайцева Н.В. – концепция и дизайн исследования, редактирование; Костарев В.Г. – концепция и дизайн исследования; Лужецкий К.П. – концепция и дизайн исследования, написание текста; Носов А.Е. – сбор и обработка материала; Устинова О.Ю. – редактирование; Чигвинцев В.М. – статистическая обработка. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила 08.07.2021 / Принята к печати 28.09.2021 / Опубликована 31.10.2021

Nina V. Zaitseva¹, Vitalii G. Kostarev², Konstantin P. Luzhetskii^{1,3}, Alexander E. Nosov¹,
Olga Yu. Ustinova^{1,4}, Vladimir M. Chigvintsev¹

Features of metabolic disorders in chromium mine workers

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation;

²Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing office in the Perm region, Perm, 614016, Russian Federation;

³Perm State Medical University, Perm, 614000, Russian Federation;

⁴Perm State University, Perm, 614990, Russian Federation

Introduction. Working conditions, clinical and laboratory status of 236 workers of a chromium mine were investigated.

Materials and methods. The observation group included 162 underground employees working in conditions of the combined impact of negative occupational factors (dust, noise, vibration, tension and severity there, cooling microclimate) - class 3.3-3.4. The comparison group included 74 mine employees working in acceptable working conditions - class 2.

Results. In the observation group, the pathology of the cardiovascular and endocrine system (ICD-10: I00-I99, E00-E07) was detected 2.8-3.3 times more often ($p = 0.001-0.02$), the relative risk of disease formation was 2.7-3.2 times higher than in the comparison group ($RR = 2.7-3.2$; $DI = 1.44-9.2$; $p = 0.001-0.02$). Under the conditions of the combined effect of negative production factors, as features of metabolic disorders, it was noted that the most unfavourable - abdominal form of obesity was diagnosed 1.4 times more often (42.0%, $p = 0.013$), the atherogenic index was 1.2 times higher, and the level HDL is 1.2 times lower than in the comparison group ($p = 0.017-0.047$); "Metabolic indices" - lipid accumulation coefficient (LAP) and visceral obesity index (VAI) were 1.2-1.4 times higher than the values in the comparison group ($p = 0.001-0.048$).

Conclusions. To implement a complex of medical and preventive measures aimed at increasing life expectancy and working longevity, early prevention of CVD, including among those working in the extraction of chrome ore, it is advisable to consider the introduction of the calculation of early markers of metabolic disorders – VAI and LAP indices in the medical examination programs.

Keywords: miners; chromium mining; metabolic disorders; obesity; lipid accumulation coefficient; visceral obesity index; periodic medical examinations

For citation: Zaitseva N.V., Kostarev V.G., Luzhetskiiy K.P., Nosov A.E., Ustinova O.Yu., Chigvinsev V.M. Peculiarities of metabolic disorders in underground chrome ore mining workers. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(10): 1095–1102. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-10-1095-1102> (In Russ.)

For correspondence: Konstantin P. Luzhetskiiy, MD, PhD, DSci., Deputy Director for Organizational and Methodical Work of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614000, Russian Federation. E-mail: nemo@fcrisk.ru

Information about authors:

Zaitseva N.V., <https://orcid.org/0000-0003-2356-1145> Kostarev V.G., <https://orcid.org/0000-0001-5135-8385> Luzhetskiiy K.P., <https://orcid.org/0000-0003-0998-7465> Nosov A.E., <https://orcid.org/0000-0003-0539-569X> Ustinova O.Yu., <https://orcid.org/0000-0002-9916-5491> Chigvinsev V.M., <https://orcid.org/0000-0002-0345-3895>

Contribution: Zaitseva N.V. – concept and design of the study, editing; Kostarev V.G. – concept and design of the study, Luzhetskiiy K.P. – concept and design of the study, writing a text; Nosov A.E. – collection and processing of material; Chigvinsev V.M. – statistical processing; Ustinova O.Yu. – editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: July 8, 2021 / Accepted: September 28, 2021 / Published: October 31, 2021

Введение

В последние десятилетия сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) продолжают оставаться ведущей причиной смерти населения во всём мире [1]. В странах Европы от болезней сердца ежегодно умирает до 4 млн человек, в Российской Федерации (РФ) – около 1 млн граждан. В качестве причин смерти от ССЗ на долю коронарной болезни сердца и острых нарушений мозгового кровообращения в России приходится 84% случаев [2]. Как следствие, одной из ключевых задач предотвращения преждевременной смертности является раннее выявление и профилактика наиболее значимых факторов риска – артериальной гипертензии, сахарного диабета, ожирения и инсулинорезистентности [3]. При этом изучение особенностей формирования в популяции предикторов данных состояний – метаболических нарушений – приобретает первостепенное значение [4–8]. Известно, что в условиях сочетанного воздействия факторов риска среды обитания, неудовлетворительных условий труда и образа жизни развитие и прогрессирование сердечно-сосудистых и эндокринных заболеваний происходит ускоренными темпами, как следствие существенно сокращается продолжительность жизни и трудовое долголетие [9–11].

Наиболее экономически развитой в РФ является горнодобывающая отрасль промышленности, в том числе связанная с подземной разработкой хромовых руд. Вместе с тем добыча хромовой руды зачастую происходит во вредных/опасных условиях труда, что формирует существенный риск для здоровья работающих [12]. В качестве наиболее неблагоприятных факторов трудового процесса выступают как характерные для подземных работ в целом (вибрация, шум, микроклимат, физическая нагрузка, вынужденное положение тела), так и специфичные для разработки хромовых руд (соединения хрома в воздухе рабочей зоны, запылённость) [13].

Сочетанное воздействие комплекса производственных факторов способно вызывать у работающих изменения функционального состояния тромбоцитов на фоне повышения свёртываемости крови и сосудистой дистонии, ухудшение реологических свойств крови, развитие циркуляторной гипоксии, угнетение механизмов антиоксидантной защиты, формирование окислённых форм липопротеидов [12, 14]. Длительное воздействие на организм работающих соединений хрома потенциально способно вызывать нарушения функции, а затем и патологическое ремоделирование миокарда и сосудов [15, 16]. Вместе с тем информации об особенностях формирования метаболических нарушений у работников шахт по подземной добыче хромовых руд крайне недостаточно.

Цель работы – изучить особенности формирования метаболических нарушений у работников шахты по добыче хромовой руды.

Материалы и методы

Исследованы условия труда, клинический и лабораторный статус 236 работников шахты по добыче хромовых руд. В группу наблюдения включены 162 человека, работающих под землёй в условиях сочетанного воздействия негативных производственных факторов, – бурильщики шпуров, проходчики, горнорабочие, крепильщики, машинисты буровых установок и скреперных лебёдок. В качестве вредных производственных факторов выступали пыль, шум, общая и локальная вибрация, напряжённость и тяжесть труда, охлаждающий микроклимат (класс условий труда 3.3–3.4). Группу сравнения составили 74 человека, работающих на поверхности в допустимых условиях труда (класс 2). Группы не различались по возрасту ($42,4 \pm 7,4$ года в группе наблюдения против $43,8 \pm 8,1$ года в группе сравнения; $p > 0,05$) и стажу ($9,2 \pm 1,3$ года в группе наблюдения против $11,2 \pm 2,3$ года в группе сравнения; $p > 0,05$). В ходе анкетирования статистически значимых различий между группами по основным факторам образа жизни, таким как объём и структура питания, энергетическая ценность рациона, двигательная активность, курение и употребление алкоголя, выявлено не было ($p > 0,05$).

Гигиеническая оценка условий труда работников выполнена по результатам собственных исследований воздуха рабочей зоны и данным специальной оценки условий труда (СОУТ), в соответствии с «Руководством по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса» (Р 2.2.2006-05). Взвешенные вещества определялись гравиметрическим методом (МУК 4.1.2468-09), содержание хрома в воздухе рабочей зоны – методом атомно-абсорбционной спектроскопии (спектрофотометр Aanalyst-400, Perkin Elmer, США) в пламени «ацетилен – воздух» по стандартной методике (М-01В/2011). Концентрацию хрома в крови работающих определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой ISP-MS в соответствии с МУК 4.1.3056-13, 4.1.3057-13, МУК 4.1.3158-4.1.3161-14, МУК 4.1.3230-4.1.3233-14 (масс-спектрометр Agilent 7500сх, «Agilent Technologies Inc.», США).

Оценка профессионального риска здоровью работников осуществлялась в соответствии с «Руководством по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» (Р 2.2.1766-03).

Клиническое обследование включало социологическое исследование, изучение анамнеза с оценкой факторов образа жизни (наследственность, особенности питания, вредные привычки, физическая активность), антропометрию, изучение лабораторных параметров (показатели жирового, углеводного обмена). Макет работы получил одобрение Этического комитета ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения»

Таблица 1 / Table 1

Уровень заболеваемости приоритетными нозологиями в группах исследования по данным ПМО за 2015, 2016, 2017 гг., %
The incidence rate of priority nosologies in the study groups according to the periodic medical examinations (PME) data for 2015, 2016, 2017., %

Класс заболеваний Classes of diseases	Код по МКБ-10 ICD-10 code	Группа наблюдения Observation group	Группа сравнения Control group	Достоверность различий Significance of differences $p \leq 0,05$
Заболевания сердечно-сосудистой системы Diseases of the circulatory system	I00-I99	28.5 ± 9.5	15.8 ± 7.2	0.001
Болезни эндокринной системы Disorders of the thyroid gland	E00-E07	14.0 ± 2.0	4.2 ± 0.4	0.02

(протокол № 5, 2017), все участники дали добровольное информированное согласие.

Клинико-лабораторное исследование включало:

1) анализ заболеваемости за 3-летний период (2015–2017 гг.) по результатам периодических медицинских осмотров работников (ПМО);

2) оценку физического развития (рост, масса тела, окружность талии (ОТ), индекс массы тела (ИМТ)). Масса тела исследована на цифровых весах с погрешностью измерения до 100 г, рост – с использованием ростомера (погрешность до 0,5 см). ИМТ рассчитан по формуле: ИМТ = масса тела (кг) / площадь поверхности тела (рост, м²). Ожирение устанавливали при ИМТ ≥ 30 кг/м², избыток массы тела при ИМТ ≥ 25 кг/м². ОТ определяли в положении стоя по стандартной методике. При ОТ ≥ 102 см у мужчин и ≥ 88 см у женщин диагностировали абдоминальное ожирение.

3) биохимическое исследование (глюкоза, инсулин, триглицериды (ТГ), общий холестерин, липопротеиды высокой плотности (ЛПВП), липопротеиды низкой плотности (ЛПНП), липопротеиды очень низкой плотности (ЛПОНП), липопротеин А);

4) анализ содержания сахара (глюкозы) в моче;

5) определение индекса атерогенности (ИА): ИА = (общий ХС – ЛПВП)/ЛПВП;

6) оценку индекса висцерального ожирения (VAI):
 $VAI_{\text{мужчин}} = (ОТ / (36,58 + [1,89 \cdot ИМТ]) \cdot (ТГ / 0,81) \cdot (1,52 / ЛПВП)$,
 $VAI_{\text{женщин}} = (ОТ / (39,68 + [1,88 \cdot ИМТ]) \cdot (ТГ / 1,03) \cdot (1,31 / ЛПВП)$,
 Amato et al. [17];

7) расчёт коэффициента накопления липидов (LAP):
 $LAP_{\text{мужчин}} = (ОТ [см] - 65) \cdot [концентрация триглицеридов, ммоль/л]$,
 $LAP_{\text{женщин}} = (ОТ [см] - 58) \cdot [концентрация триглицеридов, ммоль/л]$,
 Rahn et al. [17].

Клинико-лабораторные исследования выполнены стандартными методами в аккредитованной лаборатории с помощью биохимического анализатора Konelab 20» (ThermoFisher, Финляндия) [18].

Статистический анализ полученных материалов выполнен с использованием специальных программных продуктов, в том числе Statistica 10. Проверка нормальности распределения проводилась тестом Колмогорова – Смирнова. Для количественной характеристики исследуемых показателей использовали значения средней (M) и её ошибки (m). Достоверность различий изучаемых показателей в сравниваемых группах устанавливали по критерию Стьюдента ($t > 2; p \leq 0,05$) [19, 20]. В случае ненормально распределённых показателей использовался критерий хи-квадрат Пирсона ($p \leq 0,05$).

Оценка зависимостей индексов VAI и LAP с приоритетными нозологическими формами и лабораторными показателями выполнена с помощью построения логистической регрессионной модели вида:

$$p = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1 x)}}$$

где p – вероятность отклонения ответа от нормы; x – уровень экспозиции фактора; b_0, b_1 – параметры математической модели.

Для моделирования использовались значения факторов из таблицы данных и соответствующие им уровни вероятностей развития заболевания. Расчёт параметров математической модели (b_0, b_1) основывался на методе наименьших квадратов (Statistica 10).

Результаты

Результаты СОУТ характеризовали условия труда на рабочих местах группы наблюдения как вредные (класс 3.3–3.4). Уровень эквивалентного шума составлял от 65,3–70,9 до 108,2–114,9 дБА, общая и локальная вибрация превышали предельно допустимые уровни до 1,1 раза (116–127 и 127–135 дБ соответственно). Длительное нахождение в неудобной, фиксированной позе и повышенная общая/региональная физическая нагрузка относили условия труда работающих к классам 3.1–3.3. В условиях шахтной добычи на рабочих местах отмечена пониженная температура воздуха (9 °С).

По данным собственных исследований, содержание в воздухе рабочей зоны горнорабочего, крепильщика и горного мастера взвешенных веществ (пыли) не превышало 2-го класса. На рабочих местах проходчика, бурильщика шпуров, машинистов буровых установок и скреперной лебедки концентрации пыли соответствовали классу условий труда 3.1. Концентрация хрома в воздухе рабочей зоны группы наблюдения составляла 0,002–0,012 мг/м³ (среднесменная концентрация – менее 0,5 мг/м³; ПДУ – 1 мг/м³), что соответствовало 2-му классу.

Вместе с тем химико-аналитическое исследование содержания хрома в крови работников группы наблюдения (0,0058 ± 0,001 мкг/см³) выявило его существенное превышение – в 1,3 раза относительно группы сравнения (0,0045 ± 0,0001 мкг/см³; $p = 0,023$) и в 8,2 раза относительно референтного уровня (0,0007 мкг/см³; $p \leq 0,001$).

Рабочие места группы сравнения соответствовали 2-му классу (допустимый).

В ходе оценки уровня заболеваемости за 3-летний период, по данным ПМО, патология сердечно-сосудистой (МКБ-10: I00-I99) и эндокринной системы (МКБ-10: E00-E07) в группе наблюдения выявлялась в 2,8–3,3 раза чаще, чем в группе сравнения, – $p = 0,001–0,02$ (табл. 1).

У работников по подземной добыче хромовых руд относительный риск формирования болезней сердечно-сосудистой и эндокринной систем был в 2,7–3,2 раза выше, чем в группе сравнения ($RR = 2,7–3,2$; $DI = 1,44–9,2$; $p = 0,001–0,02$).

В ходе клинического осмотра нарушения жирового и углеводного обмена в группе наблюдения выявлены у 65% работников, что не имело статистической значимости: в группе сравнения – 62%. В группе наблюдения избыток массы тела и ожирение диагностированы у 42 и 23%, в группе сравнения у 36 и 26% соответственно ($p \geq 0,05$; табл. 2), при этом наиболее неблагоприятная абдоминальная форма ожирения в группе наблюдения выявлялась в 1,4 раза чаще (42%) относительно группы сравнения (30%; $p = 0,013$).

Таблица 2 / Table 2

Структура нарушений жирового и углеводного обмена в группах исследования, %
Structure of the disorders of lipid and carbohydrate metabolism in the study groups, %

Показатель Index	Код по МКБ-10 ICD-10 code	Группа наблюдения Observation group	Группа сравнения Control group	Достоверность различий Significance of differences $p \leq 0.05$
Ожирение Obesity	E66.0	23.0	26.0	0.9
Избыток массы тела Overweight	E67.8	42.0	36.0	0.8
Норма Normal	—	35.0	38.0	0.9

Таблица 3 / Table 3

Биохимические показатели в группах исследования, ммоль/л
Biochemical parameters in the study groups, mmol/L

Показатель Index	Группа наблюдения Observation group	Группа сравнения Control group	Достоверность различий Significance of differences $p \leq 0.05$
Глюкоза Glucose	5.77 ± 0.17	5.98 ± 0.2	0.13
Инсулин Insulin	24.09 ± 6.2	23.17 ± 5.3	0.84
Триглицериды Triglycerides	1.74 ± 0.19	1.86 ± 0.33	0.53
Общий холестерин Total cholesterol	4.92 ± 0.15	4.70 ± 0.2	0.1
ЛПВП HDL	1.15 ± 0.07	1.41 ± 0.16	0.047
ЛПНП LDL	3.32 ± 0.15	3.06 ± 0.46	0.25
ЛПОНП VLDL	0.81 ± 0.09	0.92 ± 0.21	0.29
Липопротеин А Lipoprotein A	47.13 ± 13.01	30.66 ± 12.86	0.415
Индекс атерогенности Atherogenic index	3.1 ± 0.2	2.56 ± 0.4	0.017

По данным биохимического исследования, содержание глюкозы ($5,77 \pm 0,17$ ммоль/дм³), инсулина ($24,09 \pm 6,2$ ммоль/л), триглицеридов ($1,74 \pm 0,19$ ммоль/л), общего холестерина ($4,92 \pm 0,15$ ммоль/л), ЛПНП ($3,32 \pm 0,15$ ммоль/л), ЛПОНП ($0,81 \pm 0,09$ ммоль/л), липопротеина А ($47,13 \pm 13,01$ ммоль/л) в сыворотке крови не имело достоверных отличий от физиологической нормы и их значений в группе сравнения ($p \geq 0,05$; табл. 3), при этом индекс атерогенности ($3,1 \pm 0,2$) в группе наблюдения был в 1,2 раза выше, а уровень ЛПВП ($1,15 \pm 0,07$ ммоль/л) в 1,2 раза ниже, чем в группе сравнения ($2,56 \pm 0,4$ и $1,41 \pm 0,16$ ммоль/л ($p = 0,017-0,047$) соответственно).

Таблица 4 / Table 4

Значения ИМТ и метаболических индексов VAI/LAP в группах исследования
BMI and metabolic indices VAI/LAP values in study groups

Показатель Index	Группа наблюдения Observation group	Группа сравнения Control group	Достоверность различий Significance of differences $p \leq 0.05$
ИМТ BMI	27.07 ± 0.67	27.59 ± 1.2	0.47
LAP	20.97 ± 1.6	15.43 ± 1.22	0.001
VAI	1.98 ± 0.21	1.66 ± 0.15	0.048

Таблица 5 / Table 5

Корреляции метаболических индексов VAI/LAP в группах исследования с приоритетными лабораторными и антропометрическими показателями

Correlations metabolic indices VAI/LAP in study groups with priority laboratory and anthropometric measurements

X Индекс Index	Y Лабораторный показатель Laboratory parameter	Коэффициент корреляции, r Correlation coefficient, r	Достоверность различий Significance of differences $p \leq 0.05$
VAI	Холестерин общий Total cholesterol	0.18	0.045
VAI	Холестерин ЛПВП HDL cholesterol	-0.41	0.001
VAI	Холестерин ЛПНП LDL cholesterol	0.18	0.04
VAI	Холестерин ЛПОНП VLDL cholesterol	0.85	0.001
VAI	Триглицериды Triglycerides	0.89	0.001
VAI	Индекс атерогенности Atherogenic index	0.52	0.001
LAP	Глюкоза в крови Blood glucose	0.15	0.02
LAP	Глюкоза в моче Glucose in urine	0.26	0.02
LAP	Индекс массы тела Body mass index	0.24	0.00
LAP	Хром в крови Chromium in the blood	0.17	0.05

При оценке антропометрических показателей статистически значимых различий в группах исследования по массе тела и ИМТ получено не было ($p = 0,055-0,47$). Вместе с тем при анализе «метаболических индексов» коэффициент накопления липидов LAP ($20,97 \pm 1,6$) и индекс висцерального ожирения VAI ($1,98 \pm 0,21$) в группе наблюдения были в 1,2–1,4 раза выше, чем в группе сравнения ($15,43 \pm 1,22-1,66 \pm 0,15$ ($p = 0,001-0,048$) соответственно; табл. 4).

В группах исследования установлены достоверные корреляционные связи метаболических индексов с приоритетными лабораторными показателями $r = -0,41-0,89$ ($p = 0,001-0,045$). Наиболее сильные корреляционные связи,

Таблица 6 / Table 6

Зависимость приоритетных нозологических форм в группах исследования от рассчитанных метаболических индексов VAI/LAP
Models of the dependence of priority nosological forms in the study groups on the calculated metabolic indices VAI/LAP

X Индекс Index	Y Приоритетные нозологические формы Priority nosological forms		b_0	b_1	F	p	R^2
VAI	Стенокардия	Angina pectoris	-3.99	0.94	55.43	0.001	0.86
LAP	Хроническая ишемическая болезнь	Chronic ischemic disease	-3.57	0.035	227.8	0.001	0.85
LAP	Уточнённые формы избыточности питания	Refined Forms of excessive nutrition	-5.47	0.179	92.2	0.001	0.84
VAI	Гипертоническая болезнь	Hypertonic disease	-4.64	1.23	287.72	0.001	0.82
LAP	Жировая дегенерация печени	Fatty liver degeneration	-5.24	0.165	93.7	0.001	0.82
VAI	Уточнённые нарушения сердечного ритма	Specified cardiac arrhythmias	-3.07	0.38	33.71	0.001	0.59
VAI	Сердечная недостаточность	Heart failure	-3.62	0.59	79.55	0.001	0.58
LAP	Гипертоническая болезнь	Hypertonic disease	-3.73	0.057	48.6	0.001	0.56
LAP	Другие формы стенокардии	Other forms of angina	-3.48	0.039	51.9	0.001	0.48
VAI	Инсулинзависимый сахарный диабет	Non-insulin dependent diabetes mellitus	-5.78	1.88	16.71	0.001	0.43
LAP	Нарушения сердечной проводимости	Cardiac conduction disorders	-4.03	0.064	9.6	0.005	0.34
LAP	Ожирение	Obesity	-3.36	0.049	47.3	0.001	0.31
LAP	Атеросклероз артерий	Atherosclerosis of the arteries	-3.81	0.054	10.7	0.003	0.26

помимо биохимических показателей, входящих в исследуемые индексы, выявлены с холестерином ЛПОНП ($r = 0,85$), индексом атерогенности ($r = 0,52$) и уровнем глюкозы в моче ($r = 0,26$) (табл. 5).

Кроме того, выявлена корреляционная связь коэффициента накопления липидов (LAP) с содержанием хрома в крови обследованных работников ($r = 0,17$; $p = 0,05$) (табл. 5).

Обсуждение

С 1995 года по рекомендациям ВОЗ в диагностике ожирения применяется индекс массы тела (ИМТ) при скрининге и эпидемиологических исследованиях, в том числе при проведении периодических медицинских осмотров (ПМО) [21]. Вместе с тем ИМТ не даёт информации о типе телосложения, отношении жировой массы к мышечной ткани, форме распределения подкожно-жировой клетчатки, что значительно затрудняет его использование для прогнозирования ассоциированных нарушений здоровья [22]. В настоящее время продолжается поиск наиболее точных коэффициентов оценки метаболического статуса и особенностей формирования ожирения, отражающих наличие факторов риска ССЗ. Это особенно актуально для наиболее неблагоприятного типа ожирения – абдоминальной формы с чрезмерным отложением жировой ткани в области живота (висцеральный жир). Помимо сдавления внутренних органов, нарушения их функции, крово- и лимфообращения при данной форме ожирения за счёт эндокринно-активной функции адипоцитов характерно повышение липолитической активности и тропности к инсулярным гормонам, увеличение уровня инсулина, триглицеридов и глюкозы в крови, нарушение соотношений фракций холестерина, что в результате ведёт к инсулинорезистентности. Вышеперечисленные факторы повышают метаболический риск, в том числе при нормальном или пограничном ИМТ. Использование индекса висцерального ожирения (VAI) и коэффициента накопления липидов (LAP) как вероятностной модели, учитывающей пол обследуемого, антропометрические (ИМТ и ОТ) и лабора-

торные (ТГ и ЛПВП) показатели, позволяет адекватно оценивать факторы риска формирования сердечно-сосудистой и эндокринной патологии [23–28].

Данные постулаты нашли подтверждение в выявленной зависимости приоритетных нозологических форм сердечно-сосудистых заболеваний, диагностированных в группах исследования, от рассчитанных метаболических индексов VAI и LAP, доля объяснённой дисперсии составляла $R^2 = 0,26–0,86$; $9,6 \leq F \leq 227,8$; $p < 0,001–0,005$ (табл. 6).

Установлена зависимость приоритетных лабораторных показателей сердечно-сосудистых и эндокринных заболеваний от метаболических индексов VAI и LAP, доля объяснённой дисперсии составляла $R^2 = 0,30–0,79$; $19,5 \leq F \leq 404,7$; $p < 0,001$ (табл. 7).

Таблица 7 / Table 7

Зависимость приоритетных лабораторных показателей в группах исследования от рассчитанных метаболических индексов VAI/LAP

Dependence of priority laboratory parameters in study groups on the calculated "metabolic indices" VAI/LAP

X Индекс Index	Y Лабораторный показатель Laboratory parameter	b_0	b_1	F	p	R^2
VAI	Индекс атерогенности Atherogenic index	-1.68	1.244	404.7	0.001	0.79
LAP	α -амилаза сыворотки Serum α - amylase	-2.54	0.054	82.1	0.001	0.74
LAP	Щелочная фосфатаза Alkaline phosphatase	-4.09	0.096	19.5	0.001	0.46
VAI	Инсулин Insulin	-2.58	1.006	29.47	0.001	0.30

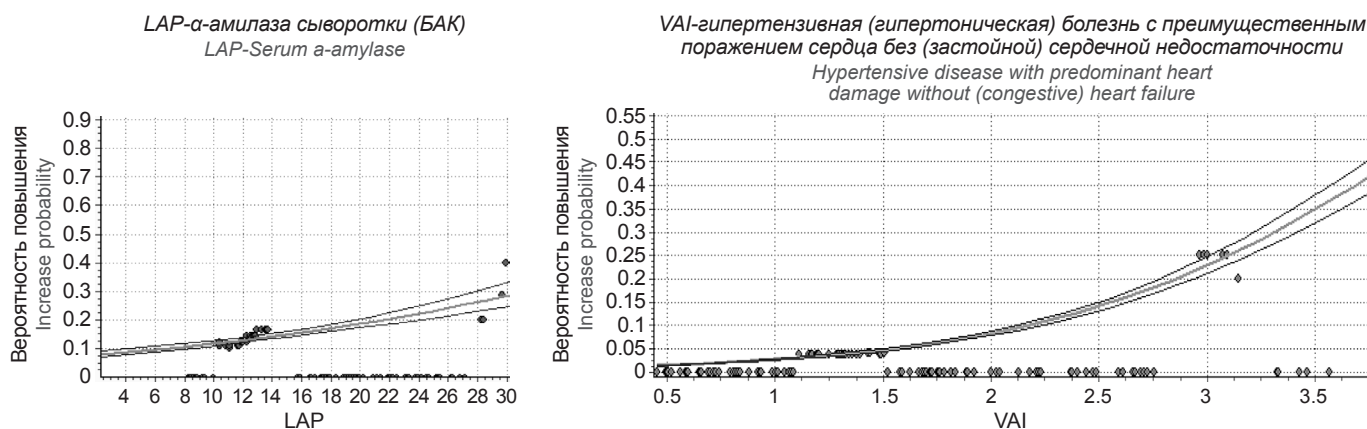


Рис. 1. Модели зависимости метаболических индексов VAI / LAP от приоритетных нозологий и лабораторных показателей в группах исследования.

Fig. 1. Models of dependence of metabolic indices VAI/LAP in study groups on priority nosologies and laboratory indices.

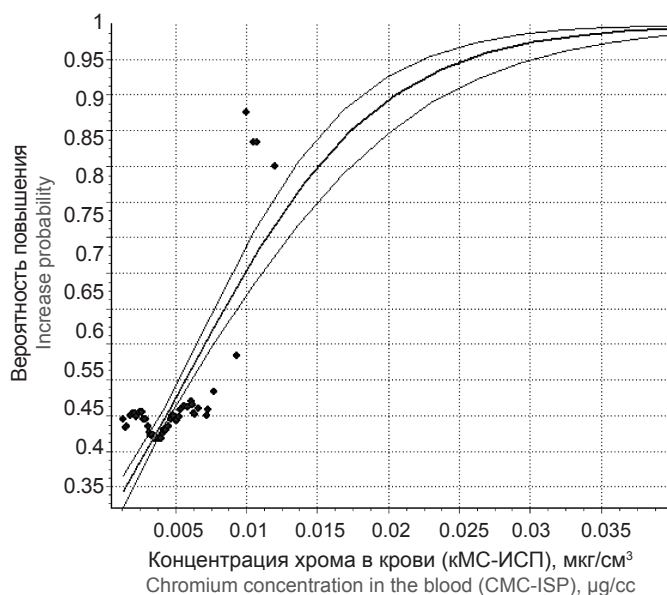


Рис. 2. Модель зависимости коэффициента накопления липидов (LAP) от концентрации хрома в крови работников групп исследования.

Fig. 2. Model of the lipid accumulation coefficient (LAP) dependence on the concentration of chromium in the workers' blood.

По данным литературных обзоров, значения индекса LAP у мужчин и женщин могут варьировать в широком диапазоне. В материалах Xia и соавт. (Китай, 2012) индекс LAP ($M \pm SD$) составлял 25,96/23,99, $p = 0,074$ [29]; Wakabayashi (Япония, 2014) – 23,7/16,4, $p = 0,01$ [30]; Chiang и соавт. (Тайвань, 2012) – $23 \pm 23,2/28,6 \pm 19,3$ [31] соответственно. По мнению Chen Y. (2018), показатель LAP выше у мужчин, чем у женщин [32], при этом ряд исследователей, напротив, утверждают, что для женщин характерны более высокие показатели этого индекса [33, 34]. Xia C. (2012) и Omuse G. (2017) заявляют об отсутствии достоверных различий в значениях LAP, связанных с полом [29, 35].

По данным исследования, выполненного нашей группой, среднее значение индекса LAP в группе наблюдения составляло $20,97 \pm 1,6$ (мужчины – 21, женщины – 21,8; $p = 0,8$), в группе сравнения – $15,43 \pm 1,22$ (мужчины – 15, женщины – 18,3; $p = 0,03$) ($p = 0,001$), что соотносится

с ранее выполненными работами. Реперный уровень LAP, установленный по результатам моделирования с приоритетными нозологическими формами и лабораторными показателями сердечно-сосудистых и эндокринных заболеваний, в группах исследования в среднем составлял 16,1 (от 10,4 до 18,6) (рис. 1).

В условиях сочетанного воздействия вредных факторов подземной добычи хромовой руды установлена зависимость коэффициента накопления липидов (LAP) от концентрации хрома в крови работников групп исследования (рис. 2).

Доля объяснённой дисперсии составляла $R^2 = 0,54$; $F \geq 123,1$; $p = 0,001$.

Заключение

В настоящее время трудовая деятельность шахтёров, добывающих хромовую руду подземным способом, осуществляется во вредных условиях (класс 3.3–3.4).

В условиях сочетанного воздействия производственных факторов подземной добычи хромовой руды (пыль, шум, вибрация, напряжённость и тяжесть труда, охлаждающий микроклимат) сердечно-сосудистая и эндокринная патологии (МКБ-10: I00–I99, E00–E07) развиваются в 2,8–3,3 раза чаще, а относительный риск её формирования в 2,7–3,2 раза выше, чем у лиц с допустимыми условиями труда ($RR = 2,7–3,2$; $DI = 1,44–9,2$; $p = 0,001–0,02$).

Особенностью метаболических нарушений у шахтёров, занятых подземной добычей хромовой руды, является развитие прогностически неблагоприятного абдоминального типа ожирения на фоне в 1,2–1,4 раза более высоких значений «метаболических индексов» VAI/LAP и показателей атерогенности ($p = 0,017–0,047$).

Установлена зависимость приоритетных нозологических форм и лабораторных показателей сердечно-сосудистых и эндокринных заболеваний от «метаболических индексов» VAI и LAP, доля объяснённой дисперсии составляла $R^2 = 0,26–0,86$; $p < 0,001–0,005$.

Выявлена зависимость коэффициента накопления липидов LAP от концентрации хрома в крови работников групп исследования ($R^2 = 0,54$; $p = 0,001$).

Для реализации комплекса медико-профилактических мероприятий, направленных на увеличение продолжительности жизни и трудового долголетия, раннюю профилактику ССЗ, в том числе у работающих во вредных и опасных условиях труда, целесообразно расширение программы периодических медицинских осмотров за счёт включения ранних маркеров метаболических нарушений – индексов VAI и LAP.

Литература (п.п. 29–35 см. References)

1. Вишнеvский А.Г., Андреев Е.М., Тимонин С.А. Смертность от болезней системы кровообращения и продолжительность жизни в России. *Демографическое обозрение*. 2016; 3(1): 6–34.
2. Бойцов С.А. Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации. *Российский кардиологический журнал*. 2018; 23(6): 7–122. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-7-122>
3. Кузнецова Т.Ю., Дружиллов М.А., Чумакова Г.А., Веселовская Н.Г. Стратегии и методы коррекции ожирения и ассоциированного сердечно-сосудистого риска. *Российский кардиологический журнал*. 2019; 24(4): 61–7. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-4-61-67>
4. Лужецкий К.П., Маклакова О.А., Палагина Л.Н. Нарушения жирового и углеводного обмена у детей, потребляющих питьевую воду ненормативного качества. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(1): 66–70. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-1-66-70>
5. Шляхто Е.В., Сергеева Е.Г., Беркович О.А., Пчелина С.Н., Зарайский М.И., Ионова Ж.И. и соавт. Предикторы неблагоприятного течения ишемической болезни сердца: Результаты динамического наблюдения. *Российский кардиологический журнал*. 2018; 23(7): 60–6. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-7-60-66>
6. Дружиллов М.А., Кузнецова Т.Ю. Висцеральное ожирение как фактор риска артериальной гипертензии. *Российский кардиологический журнал*. 2019; 24(4): 7–12. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-4-7-12>
7. Романцова Т.И., Островская Е.В. Метаболически здоровое ожирение: дефиниции, протективные факторы, клиническая значимость. *Альманах клинической медицины*. 2015; (S1): 75–86.
8. Лужецкий К.П. Методические подходы к управлению риском развития у детей эндокринных заболеваний, ассоциированных с воздействием внешнесредовых факторов селитебных территорий. *Анализ риска здоровью*. 2017; (2): 47–56. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.2.05>
9. Коневских Л.А., Ладохина Т.Т., Константинова Е.Д., Астахова С.Г. Влияние факторов производственной среды и образа жизни на состояние артериальных сосудов у работников, занятых в производстве меди. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(1): 45–50. <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-1-45-50>
10. Гимаева З.Ф., Бухтияров И.В., Бакиров А.Б., Капцов В.А., Каримова Л.К. Кардиоваскулярный риск у работников нефтехимических производств. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(5): 498–503. <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-5-498-503>
11. Титова Е.Я., Голубь С.А. Современные проблемы охраны здоровья работников крупного промышленного предприятия, работающих в условиях профессиональных вредностей. *Анализ риска здоровью*. 2017; (4): 83–90. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.4.09>
12. Устинова О.Ю., Власова Е.М., Носов А.Е., Костарев В.Г., Лебедева Т.М. Оценка риска развития сердечно-сосудистой патологии у шахтеров, занятых подземной добычей хромовой руды. *Анализ риска здоровью*. 2018; (3): 94–103. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.3.10>
13. Лешкова И.В., Власова Е.М., Шляпников Д.М., Устинова О.Ю., Носов А.Е. Нарушения здоровья у малостажированных работников предприятий по подземной добыче хромовых руд. В кн.: *Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей»*. Пермь; 2018: 530–6.
14. Аблаев Н.Р., Батырбаева Д.Ж. Молекулярные механизмы развития сахарного диабета при дефиците витамина Д и хрома (обзор современной литературы). *Вестник Казахского национального медицинского университета*. 2015; (3): 186–97.
15. Зайцева Н.В., Носов А.Е., Ивашова Ю.А., Байдина А.С., Костарев В.Г. Эндотелиальная дисфункция у работников по подземной добыче хромовых руд. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(11): 914–9.
16. Устинова О.Ю., Белицкая В.Э., Шербаков А.А., Власова Е.М., Носов А.Е. Оценка условий труда, вентиляционной способности легких и морфометрических характеристик сердца и магистральных артерий у работников, занятых на добыче хромовых руд в шахтном режиме. В кн.: *Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей»*. Пермь; 2019: 461–9.
17. Корноухова Л.А. Значение предикторов кардиоваскулярных нарушений у пациентов с абдоминальным ожирением, неалкогольной жировой болезнью печени и различными компонентами метаболического синдрома. *Медицинский алфавит*. 2017; 1(6): 51–6.
18. Тич Н.У. *Клиническое руководство по лабораторным тестам*. М.: ЮНИМЕД-пресс; 2003.
19. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. *Клиническая эпидемиология*. М.: Медиа Сфера; 1998.
20. Гланц С.А. *Медико-биологическая статистика*. Пер. с англ. М.: Практика; 1999.
21. Драпкина О.М., Шепель Р.Н., Шальнова С.А., Деев А.Д., Баланова Ю.А., Евстифеева С.Е. и др. Основные антропометрические индексы и сахарный диабет 2 типа в российской популяции. *Рациональная фармакотерапия в кардиологии*. 2018; 14(5): 725–32. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2018-14-5-725-732>
22. Канева А.М., Бойко Е.Р. Индекс накопления липидов (lipid accumulation product, LAP) – современный клинико-биохимический маркер ожирения у человека. *Анализ риска здоровью*. 2019; (2): 164–74. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.18>
23. Корноухова Л.А., Денисов Н.Л., Эмануэль В.Л. Лабораторные предикторы неалкогольного стеатоза печени у пациентов с абдоминальным ожирением. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина*. 2018; 13(4): 376–88. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu11.2018.405>
24. Либис Р.А., Исаева Е.Н. Возможность применения индекса висцерального ожирения в диагностике метаболического синдрома и прогнозировании риска его осложнений. *Российский кардиологический журнал*. 2014; 19(9): 48–53. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2014-9-48-53>
25. Лужецкий К.П., Шур П.З., Устинова О.Ю., Долгих О.В., Кирьянов Д.А., Чигвинцев В.М. Оценка индивидуального риска метаболических нарушений у детей при экспозиции хлороформом с питьевой водой. *Анализ риска здоровью*. 2015; (4): 28–35.
26. Руняткина Л.А., Руняткин Д.С., Исхакова И.С. Возможности и варианты суррогатной оценки инсулинорезистентности. *Ожирение и метаболизм*. 2019; 16(1): 27–33. <https://doi.org/10.14341/omet10082>
27. Чумакова Г.А., Веселовская Н.Г. Методы оценки висцерального ожирения в клинической практике. *Российский кардиологический журнал*. 2016; 21(4): 89–96. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2016-4-89-96>
28. Хрипун И.А., Воробьев С.В., Коган М.И. Новый маркер метаболических нарушений у мужчин с сахарным диабетом 2 типа. *Медицинский вестник Юга России*. 2016; (1): 84–6.

References

1. Vishnevskiy A.G., Andreev E.M., Timonin S.A. Mortality from cardiovascular diseases and life expectancy in Russia. *Demograficheskoe obozrenie*. 2016; 3(1): 6–34. (in Russian)
2. Boytsov S.A. Cardiovascular prevention 2017. National guidelines. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2018; 23(6): 7–122. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-7-122> (in Russian)
3. Kuznetsova T.Yu., Druzhilov M.A., Chumakova G.A., Veselovskaya N.G. Strategies and methods for the correction of obesity and associated cardiovascular risk. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2019; 24(4): 61–7. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-4-61-67> (in Russian)
4. Luzhetskii K.P., Maklakova O.A., Palagina L.N. Disorders of lipid and carbohydrate metabolism in children consuming drinking water of a non-normative quality. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2016; 95(1): 66–70. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2016-95-1-66-70> (in Russian)
5. Shlyakhto E.V., Sergeeva E.G., Berkovich O.A., Pchelina S.N., Zarayskiy M.I., Ionova Zh.I., et al. Predictors of adverse clinical course of coronary heart disease: the results from dynamical observation. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2018; 23(7): 60–6. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-7-60-66> (in Russian)
6. Druzhilov M.A., Kuznetsova T.Yu. Internal obesity as a risk factor for arterial hypertension. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2019; 24(4): 7–12. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-4-7-12> (in Russian)
7. Romantsova T.I., Ostrovskaya E.V. Metabolically healthy obesity: definitions, protective factors, clinical relevance. *Al'manakh klinicheskoy meditsiny*. 2015; (S1): 75–86. (in Russian)
8. Luzhetskii K.P. Methodical approaches to managing risks for endocrine diseases involvement in children related to impacts of environmental factors occurring on areas aimed for development. *Analiz riska zdorov'yu*. 2017; (2): 45–53. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.2.05>
9. Konevskikh L.A., Ladokhina T.T., Konstantinova E.D., Astakhova S.G. The impact of occupational and lifestyle factors on state of arterial vessels in copper industry workers. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(1): 45–50. <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-1-45-50> (in Russian)
10. Gimaeva Z.F., Bukhtiyarov I.V., Bakirov A.B., Kaptsov V.A., Karimova L.K. Cardiovascular risk in petrochemical workers. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(5): 498–503. <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-5-498-503> (in Russian)
11. Titova E.Ya., Golub' S.A. Contemporary problems of health protection for workers employed at a large industrial enterprise and working under occupational hazards. *Analiz riska zdorov'yu*. 2017; (4): 83–90. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.4.09> (in Russian)
12. Ustinova O.Yu., Vlasova E.M., Nosov A.E., Kostarev V.G., Lebedeva T.M. Assessment of cardiovascular pathology risk in miners employed at deep chrome mines. *Analiz riska zdorov'yu*. 2018; (3): 94–103. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.3.10> (in Russian)

13. Leshkova I.V., Vlasova E.M., Shlyapnikov D.M., Ustinova O.Yu., Nosov A.E. Health Disorders among Low-Staged Workers of Chromium Underground Mining Enterprises. In: *Proceedings of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation «Topical Issues of Risk Analysis in Ensuring the Sanitary and Epidemiological Well-Being of the Population and Consumer Protection» [Materialy VIII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Aktual'nye voprosy analiza riska pri obespechenii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya i zashchity prav potrebiteley»]*. Perm'; 2018: 530–6. (in Russian)
14. Ablaev N.R., Batorybaeva D.Zh. Molecular mechanisms of diabetes mellitus development in vitamin d and chromium deficiency (review of modern literature). *Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo meditsinskogo universiteta*. 2015; (3): 186–97. (in Russian)
15. Zaytseva N.B., Nosov A.E., Ivashova Yu.A., Baydina A.S., Kostarev V.G. Endothelial dysfunction in workers in underground mining of chrome ores. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(11): 914–9. (in Russian)
16. Ustinova O.Yu., Belitskaya V.E., Shcherbakov A.A., Vlasova E.M., Nosov A.E. Assessment of working conditions, ventilation capacity of the lungs and morphometric characteristics of the heart and main arteries in workers engaged in the extraction of chrome ores in a mine mode. In: *Proceedings of the IX All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation «Topical Issues of Risk Analysis in Ensuring the Sanitary and Epidemiological Well-Being of the Population and Consumer Protection» [Materialy IX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Aktual'nye voprosy analiza riska pri obespechenii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya i zashchity prav potrebiteley»]*. Perm'; 2019: 461–9. (in Russian)
17. Kornoukhova L.A. Value of cardiovascular disorders' predictors in patients with abdominal obesity, nonalcoholic fatty liver disease and various metabolic syndrome components. *Meditsinskiy al'favit*. 2017; 1(6): 51–6. (in Russian)
18. Tits N.U. *Clinical Laboratory Test Guidelines [Klinicheskoe rukovodstvo po laboratornym testam]*. Moscow: YuNIMED—press; 2003. (in Russian)
19. Fletcher R.H., Fletcher S.W., Wagner E.H. *Clinical Epidemiology*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1988.
20. Glantz S.A. *Primer of Biostatistics*. New-York: McGraw-Hill; 1994.
21. Drapkina O.M., Shepel' R.N., Shal'nova S.A., Deev A.D., Balanova Yu.A., Evstifeeva S.E., et al. Basic anthropometric indices and diabetes mellitus type 2 in Russian population. *Ratsional'naya farmakoterapiya v kardiologii*. 2018; 14(5): 725–32. <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2018-14-5-725-732> (in Russian)
22. Kaneva A.M., Boyko E.R. Lipid accumulation product or lap as an up-to-date clinical biochemical marker of human obesity. *Analiz riska zdorov'yu*. 2019; (2): 164–74. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.18> (in Russian)
23. Kornoukhova L.A., Denisov N.L., Emanuel' V.L. Laboratory predictors of the non-alcoholic fatty liver in the persons with abdominal obesity. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Meditsina*. 2018; 13(4): 376–88. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu11.2018.405> (in Russian)
24. Libis R.A., Isaeva E.N. Opportunities for the use of visceral obesity index in metabolic syndrome diagnostics and prognosis of its complication risk. *Rossiyskiy kardiologicheskii zhurnal*. 2014; 19(9): 48–53. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2014-9-48-53> (in Russian)
25. Luzhetskii K.P., Shur P.Z., Ustinova O.Yu., Dolgikh O.V., Kir'yanov D.A., Chigvintsev V.M. Individual risk assessment of metabolic disorders in children at exposure to chloroform in drinking water. *Analiz riska zdorov'yu*. 2015; (4): 28–35. (in Russian)
26. Ruyatkina L.A., Ruyatkin D.S., Iskhakova I.S. Opportunities and options for surrogate assessment of insulin resistance. *Ozhirenie i metabolizm*. 2019; 16(1): 27–33. <https://doi.org/10.14341/omet10082> (in Russian)
27. Chumakova G.A., Veselovskaya N.G. Methods of visceral obesity assessment in clinical practice. *Rossiyskiy kardiologicheskii zhurnal*. 2016; 21(4): 89–96. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2016-4-89-96> (in Russian)
28. Khripun I.A., Vorob'ev S.V., Kogan M.I. A new marker of metabolic disorders in men with type 2 diabetes. *Meditsinskiy vestnik Yuga Rossii*. 2016; (1): 84–6. (in Russian)
29. Xia C., Li R., Zhang S., Gong L., Ren W., Wang Z., et al. Lipid accumulation product is a powerful index for recognizing insulin resistance in non-diabetic individuals. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2012; 66(9): 1035–8. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2012.83>
30. Wakabayashi I. Influence of age and gender on lipid accumulation product and its relation to diabetes mellitus in Japanese. *Clin. Chim. Acta*. 2014; 431: 221–6. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2014.02.002>
31. Chiang J.K., Koo M. Lipid accumulation product: a simple and accurate index for predicting metabolic syndrome in Taiwanese people aged 50 and over. *BMC Cardiovasc. Disord.* 2012; 12: 78. <https://doi.org/10.1186/1471-2261-12-78>
32. Chen Y., Chen Y., Wang N., Chen C., Nie X., Li Q., et al. Thyroid stimulating hormone within the reference range is associated with visceral adiposity index and lipid accumulation product: A population-based study of SPECT-China. *Horm. Metab. Res.* 2018; 50(1): 29–36. <https://doi.org/10.1055/s-0043-122235>
33. Motamed N., Razmjou S., Hemmasi G., Maadi M., Zamani F. Lipid accumulation product and metabolic syndrome: a population-based study in northern Iran. *Amol. J. Endocrinol. Invest.* 2016; 39(4): 375–82. <https://doi.org/10.1007/s40618-015-0369-5>
34. Abulmeaty M.M., Almajwal A.M., Almadani N.K., Aldosari M.S., Alnajim A.A., Ali S.B., et al. Anthropometric and central obesity indices as predictors of long-term cardiometabolic risk among Saudi young and middle-aged men and women. *Saudi Med. J.* 2017; 38(4): 372–80. <https://doi.org/10.15537/smj.2017.4.18758>
35. Omuse G., Maina D., Hoffman M., Mwangi J., Wambua C., Kagotho E., et al. Metabolic syndrome and its predictors in an urban population in Kenya: A cross sectional study. *BMC Endocr. Disord.* 2017; 17(1): 37. <https://doi.org/10.1186/s12902-017-0188-0>