

Пережогин А.Н.<sup>1</sup>, Землянова М.А.<sup>2</sup>, Кольдибекова Ю.В.<sup>2</sup>, Пустовалова О.В.<sup>2</sup>

## Оценка нарушений со стороны критических органов и систем у детей с повышенным содержанием хрома в крови

<sup>1</sup>ФКУЗ «Иркутский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 664047, Иркутск, Россия;

<sup>2</sup>ФБУН «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

**Введение.** Хром (VI) является распространённым компонентом выбросов предприятий деревообрабатывающего профиля и чрезвычайно опасным политропным токсическим химическим веществом, обладающим сенсibiliзирующим, мутагенным и канцерогенным воздействием.

**Цель исследования** — оценка нарушений со стороны критических органов и систем у детей с повышенным содержанием хрома в крови.

**Материалы и методы.** Исследовано содержание хрома в крови, оценены значения клинических и биохимических показателей, проведена статистическая обработка данных с использованием программы Statistica 10.

**Результаты.** Уровень хрома в крови детей группы наблюдения в 2,4 раза превысил значение в группе контроля. У детей с повышенной концентрацией хрома в крови по сравнению с детьми группы контроля установлено достоверно значимое повышение в 1,2–3,1 раза IgE общего, эозинофильно-лимфоцитарного индекса, общего и прямого билирубина, липопротеина низкой плотности,  $\alpha$ -амилазы и лактатдегидрогеназы общей (ЛДГ), тиреотропного гормона (ТТГ) и понижение в 1,2 раза холестерина ЛПВП. Получены достоверные связи между повышенной концентрацией хрома в крови и повышенным уровнем IgE общего, эозинофильно-лимфоцитарного индекса,  $\alpha$ -амилазы и ТТГ ( $R^2 = 0,20–0,31$ ,  $p < 0,05$ ), пониженным содержанием липопротеинов высокой плотности (ЛПВП) ( $R^2 = 0,89$ ;  $p < 0,05$ ). Установлена зависимость частоты встречаемости аллергического ринита, кардиомиопатии и болезней желчевыводящих путей ( $R^2 = 0,20–0,96$ ;  $p < 0,05$ ) от повышенного уровня хрома в крови.

**Заключение.** Полученные биомаркеры негативных эффектов целесообразно использовать для повышения эффективности и формирования медико-профилактических программ по снижению уровня хрома в крови и предупреждению негативных последствий его воздействия на население.

**Ключевые слова:** повышенная концентрация хрома в крови; биомаркеры негативных эффектов; аллергический ринит; кардиомиопатия; болезни желчевыводящих путей

**Для цитирования:** Пережогин А.Н., Землянова М.А., Кольдибекова Ю.В., Пустовалова О.В. Оценка нарушений со стороны критических органов и систем у детей с повышенной концентрацией хрома в крови. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(10): 1128–1132. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-10-1128-1132>

**Для корреспонденции:** Землянова Марина Александровна, доктор мед. наук, профессор, зав. отд. биохимических и цитогенетических методов диагностики ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, Пермь. E-mail: zem@fcrisk.ru

**Участие авторов:** Пережогин А.Н. — концепция и дизайн исследования, сбор данных литературы, написание текста; Землянова М.А. — концепция и дизайн исследования, редактирование; Кольдибекова Ю.В. — концепция и дизайн исследования, статистическая обработка, написание текста; Пустовалова О.В. — сбор и обработка материала. 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 30.10.2021

Aleksei N. Perezhogin<sup>1</sup>, Marina A. Zemlyanova<sup>2</sup>, Yuliya V. Koldibekova<sup>2</sup>, Olga V. Pustovalova<sup>2</sup>

## Assessment of violations of critical organs and systems in children with a high content of chromium in the blood

<sup>1</sup>Federal Government Health Institution Irkutsk Antiplague Research Institute of Siberia and Far East Awarded With Order of the Red Banner, Irkutsk, 664047, Russian Federation;

<sup>2</sup>Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation

**Introduction.** Chromium (VI) is a common component of emissions from woodworking enterprises and an extremely dangerous polytropic toxic chemical substance that has a sensitizing, mutagenic and carcinogenic effect.

**The aim of the study** was to assess disorders of critical organs and systems in children with an increased chromium content in the blood.

**Materials and methods.** The content of chromium in the blood was investigated, the values of clinical and biochemical parameters were estimated, the statistical processing of the data was carried out using the Statistica 10 software.

**Results.** The level of chromium in the blood of children from the observation group was 2.4 times higher than in the control group. In children with an increased concentration of chromium in the blood, compared with children in the control group, a significant increase in IgE of total, eosinophilic-lymphocytic index, total and direct bilirubin, low-density lipoprotein,  $\alpha$ -amylase and LDH was found to be higher by 1.2–3.1 times. TSH, and a 1.2-fold lowering of HDL cholesterol. Significant relationships were obtained between an increased concentration of chromium in the blood and an increased level of IgE total, eosinophilic-lymphocytic index,  $\alpha$ -amylase and TSH ( $R^2 = 0.20–0.31$ ,  $p < 0.05$ ), lowered HDL cholesterol ( $R^2 = 0.89$ ;  $p < 0.05$ ). The dependence of the frequency of occurrence of allergic rhinitis, cardiomyopathy and diseases of the biliary tract ( $R^2 = 0.20–0.96$ ;  $p < 0.05$ ) on the increased level of chromium in the blood was established.

**Conclusion.** It is advisable to use the obtained biomarkers of adverse effects to increase the efficiency and form medical and prophylactic programs to reduce the level of chromium in the blood and prevent the negative consequences of its impact on the population.

**Keywords:** increased concentration of chromium in the blood; biomarkers of negative effects; allergic rhinitis; cardiomyopathy; diseases of the biliary tract

**For citation:** Perezhogin A.N., Zemlyanova M.A., Koldibekova Yu.V., Pustovalova O.V. Assessment of violations of critical organs and systems in children with a high content of chromium in the blood. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(10): 1128–1132. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-10-1128-1132> (In Russ.)

**For correspondence:** Marina A. Zemlyanova, MD, PhD, DSci., Professor, Head of Biochemical and Cytogenetic Diagnostic Techniques Department, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614045, Russian Federation. E-mail: zem@fcrisk.ru

**Information about authors:**

Perezhogin A.N., <https://orcid.org/0000-0002-5678-468X> Zemlyanova M.A., <https://orcid.org/0000-0002-8013-9613>  
Koldibekova Yu.V., <https://orcid.org/0000-0002-3924-4526> Pustovalova O.V., <https://orcid.org/0000-0002-8050-7674>

**Contribution:** *Perezhogin A.N.* — the research concept and design, collection literature, writing the text; *Zemlyanova M.A.* — the research concept and design, editing; *Koldibekova Yu.V.* — the concept and design of the study, statistical processing of the material, writing the text; *Pustovalova O.V.* — collection and processing of material. *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

Состав атмосферного воздуха современных городов с интенсивным функционированием крупных промышленных предприятий, в том числе деревообрабатывающего профиля, характеризуется загрязнением химическими веществами широкого спектра, оказывающими неблагоприятное влияние на здоровье населения [1, 2]. Одним из компонентов газопылевых выбросов от источников деревообрабатывающих производств является шестивалентный хром. Соединения хрома (хроматы и бихроматы) широко применяются в качестве консерванта при производстве древесины, целлюлозы и других лесохимических продуктов [3, 4]. Несмотря на небольшую долю хрома (VI) (порядка 5%) в составе выбросов в атмосферный воздух и сбросов сточных вод, данный компонент по степени опасности воздействия на организм человека относится к чрезвычайно опасным токсичным веществам (первый класс опасности)\*. Длительное ингаляционное и пероральное поступление с питьевой водой шестивалентного хрома оказывает общетоксическое политропное действие на организм за счёт активного образования ковалентных связей гидроксид-, amino-, карбокси-, сульфгидрильных и других групп молекул. При миграции в организме в связанном состоянии хром абсорбируется в лёгочной ткани, желудочно-кишечном тракте, ретикулоэндотелиальной системе печени, почек [5–8]. Кроме этого, при длительной внешнесредовой экспозиции хром (VI) обладает специфическими токсическими эффектами, к числу которых относятся сенсибилизация, мутагенное и канцерогенное воздействие [8, 9], а также стимулирует секреторную активность гормонов щитовидной железы [7]. В исследованиях *in vitro* показано, что хром (VI) генерирует свободные радикалы, которые в свою очередь атакуют аденин и гуанин в ДНК и продуцируют её аддукты, хромосомные aberrации, алтерации в репликации обменных сестринских хроматид и транскрипции [8, 9]. При хроническом ингаляционном воздействии хрома у лабораторных животных наблюдался некроз эпителия и гиперплазия бронхолярных стенок, возникали случайные мелкие язвы на слизистой оболочке желудка и кишечника [8], гистологические изменения в печени (лимфоцитарные и гистиоцитарные инфильтраты, гиперплазия клеток Купфера, некроз) [4].

Обобщение данных научной литературы свидетельствует о широком спектре негативного воздействия повышенных концентраций хрома при внешнесредовой экспозиции на критические органы и системы, среди которых выделяют органы дыхания, печень, почки, желудочно-кишечный тракт, иммунную и гормональную системы [4–9]. Оценка негативных эффектов и установление причинно-следственных связей между реакцией организма с повышенной концентрацией хрома в крови, сформированной в результате хронического ингаляционного и перорального поступления с питьевой водой, являются значимыми для задач повышения эффективности мероприятий по профилактике нарушений состояния здоровья населения в зонах экспозиции хромом.

Цель исследования — оценка нарушений со стороны

\* СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», введенные с 01.03.2021 г.

критических органов и систем у детей с повышенным содержанием хрома в крови с использованием биомаркеров негативных эффектов.

## Материалы и методы

Исследованием охвачены 115 детей в возрасте 3–6 лет, с повышенным содержанием хрома в крови (группа наблюдения). Группу контроля составили 78 детей аналогичного возраста с уровнем хрома в крови в пределах референтных значений. Исследования с участием несовершеннолетних детей проведены по устанавливающим международным нормам медицинской деятельности, представленным в Хельсинкской декларации (WMA Declaration of Helsinki — Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects, 2013 год), с обязательным получением информированного добровольного согласия законного представителя.

Уровень хрома в крови детей определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, согласно МУК 4.1.3230-14. В качестве критерия оценки содержания хрома в крови использован референтный предел 0,0007–0,028 мг/дм<sup>3</sup> [10] и содержание изучаемого вещества в крови детей группы контроля.

Исследованы клинические и биохимические показатели: уровень эозинофилов, лимфоцитов, IgE общего в крови, эозинофильно-лимфоцитарный индекс, активность печёночных трансаминаз, щелочной фосфатазы и лактатдегидрогеназы общей (ЛДГ), содержание мочевой кислоты и сыровоточного креатинина с определением скорости клубочковой фильтрации, липидный профиль, желчные пигменты и сыровоточная амилаза, уровень тиреотропного гормона (ТТГ) и тироксина (Т<sub>4</sub>) в сыровотке крови, малоновый диальдегид (МДА) и общая антиоксидантная активность плазмы крови (АОА). Оценку полученных значений лабораторных показателей выполняли относительно значений лабораторных показателей детей группы контроля.

Статистическая обработка информации проводилась в пакете программы Statistica 10. Использована описательная статистика ( $\bar{X}$  — среднее значение показателя,  $SEM$  — стандартная ошибка среднего,  $SD$  — стандартное отклонение), непараметрический метод для установления достоверности различий между двумя независимыми выборкам по  $U$ -критерию Манна — Уитни, регрессионный анализ ( $R^2$  — коэффициент детерминации,  $F$  — критерий Фишера ( $\geq 3,65$ ),  $p$  — критерий достоверности ( $\leq 0,05$ ) [11].

## Результаты

У детей группы наблюдения диапазон значений содержания в крови хрома составил от 0,0032 до 0,0242 мг/дм<sup>3</sup>, в группе контроля — от 0,00146 до 0,0024 мг/дм<sup>3</sup>. Средний уровень хрома в крови детей группы наблюдения в 2,4 раза достоверно превысил значение в группе контроля ( $p = 0,0001$ ) (табл. 1).

В результате проведённых исследований установлены параметры описательной статистики и сравнительного анализа изменений лабораторных показателей в обследуемых выборках детей с повышенным содержанием хрома в крови, представленные в табл. 1. У детей группы наблюдения

Таблица 1 / Table 1

Содержание хрома в крови, лабораторные показатели и их описательная статистика, непараметрические критерии сравнительной оценки исследуемых групп

Chromium content in blood, laboratory parameters and their descriptive statistics, nonparametric criteria for comparative assessment of the studied groups

| Показатель<br>Index                                                                | Группа наблюдения<br>Observation group |        |        | Группа контроля<br>Control group |        |         | Z-критерий<br>Z-test | p       |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------|--------|----------------------------------|--------|---------|----------------------|---------|
|                                                                                    | $\bar{X}$                              | SEM    | SD     | $\bar{X}$                        | SEM    | SD      |                      |         |
| Кровь / Blood                                                                      |                                        |        |        |                                  |        |         |                      |         |
| Хром в крови, мг/дм³<br>Chromium in the blood, mg/dm³                              | 0.00552                                | 0.0003 | 0.0034 | 0.00227                          | 0.0001 | 0.00046 | 6.804                | 0.0001  |
| Лимфоциты, %<br>Lymphocytes, %                                                     | 39.98                                  | 1.21   | 7.73   | 48.89                            | 1.79   | 7.63    | −3.44                | 0.0001  |
| Эозинофилы, %<br>Eosinophils, %                                                    | 2.02                                   | 0.19   | 1.24   | 1.94                             | 0.22   | 0.93    | −0.04                | 0.960   |
| Эозинофильно-лимфоцитарный индекс, у.е.<br>Eosinophilic-lymphocytic index, c.units | 0.085                                  | 0.016  | 0.106  | 0.027                            | 0.003  | 0.013   | 3.23                 | 0.001   |
| IgE общий, МЕ/см³<br>IgE total, ME/cm³                                             | 60.91                                  | 8.75   | 93.88  | 25.62                            | 4.92   | 20.86   | 2.44                 | 0.015   |
| Сыворотка крови / Blood serum                                                      |                                        |        |        |                                  |        |         |                      |         |
| АЛАТ, Е/дм³<br>ALAT, Units/dm³                                                     | 11.39                                  | 0.29   | 3.10   | 11.67                            | 1.04   | 4.39    | −0.138               | 0.890   |
| АСАТ, Е/дм³<br>ASAT, Units/dm³                                                     | 28.77                                  | 0.43   | 4.63   | 31.06                            | 1.56   | 6.63    | −1.499               | 0.134   |
| Билирубин общий, мкмоль/дм³<br>Total bilirubin, μmol/dm³                           | 9.59                                   | 0.48   | 5.09   | 5.23                             | 0.87   | 3.71    | 4.962                | 0.0001  |
| Билирубин прямой, мкмоль/дм³<br>Direct bilirubin, μmol/dm³                         | 2.65                                   | 0.11   | 1.19   | 1.82                             | 0.29   | 1.27    | 3.792                | 0.0002  |
| Креатинин, мкмоль/дм³<br>Creatinine, μmol/dm³                                      | 50.00                                  | 1.04   | 11.13  | 48.56                            | 1.42   | 6.03    | 0.352                | 0.724   |
| Мочевая кислота, мкмоль/дм³<br>Uric acid, μmol/dm³                                 | 240.16                                 | 4.66   | 49.73  | 237.50                           | 12.15  | 51.55   | −0.033               | 0.974   |
| Скорость клубочковой фильтрации, мл/мин<br>Glomerular filtration rate, ml/min      | 85.39                                  | 1.71   | 18.17  | 86.38                            | 2.77   | 11.06   | −0.518               | 0.604   |
| Холестерин общий, ммоль/дм³<br>Total cholesterol, mmol/dm³                         | 4.25                                   | 0.07   | 0.71   | 4.52                             | 0.13   | 0.56    | −1.509               | 0.131   |
| Холестерин ЛПВП, ммоль/дм³<br>HDL cholesterol, mmol/dm³                            | 1.44                                   | 0.03   | 0.26   | 1.70                             | 0.03   | 0.14    | −4.13                | 0.0001  |
| Холестерин ЛПНП, ммоль/дм³<br>LDL cholesterol, mmol/dm³                            | 2.65                                   | 0.05   | 0.52   | 1.80                             | 0.10   | 0.43    | 5.413                | 0.0001  |
| Триглицериды, ммоль/дм³<br>Triglycerides, mmol/dm³                                 | 0.79                                   | 0.02   | 0.26   | 0.83                             | 0.06   | 0.25    | −0.733               | 0.463   |
| Щелочная фосфатаза, Е/дм³<br>Alkaline phosphatase, units/dm³                       | 234.20                                 | 4.59   | 49.21  | 445.56                           | 28.12  | 119.31  | −6.462               | 0.0001  |
| Амилаза, Е/дм³<br>Amylase, units/dm³                                               | 69.28                                  | 1.65   | 17.69  | 51.65                            | 2.34   | 9.64    | 4.205                | 0.00003 |
| ЛДГ, Е/дм³<br>LDH, Units/dm³                                                       | 403.90                                 | 3.96   | 34.14  | 352.31                           | 12.17  | 43.89   | 3.719                | 0.0002  |
| ТТГ, мкМЕ/см³<br>Thyroid-stimulating hormone, μIU/cm³                              | 2.71                                   | 0.12   | 1.28   | 2.23                             | 0.24   | 1.03    | 2.216                | 0.027   |
| Т₄ свободный, пмоль/дм³<br>Free T₄, pmol/dm³                                       | 12.73                                  | 0.15   | 1.62   | 13.83                            | 0.36   | 1.48    | −2.700               | 0.007   |
| Плазма крови / Blood plasma                                                        |                                        |        |        |                                  |        |         |                      |         |
| Малоновый диальдегид, мкмоль/см³<br>Malondialdehyde, μmol/cm³                      | 2.97                                   | 0.06   | 0.59   | 3.13                             | 0.11   | 0.45    | −0.812               | 0.417   |
| Антиоксидантная активность, %<br>Antioxidant activity, %                           | 34.45                                  | 0.51   | 5.45   | 34.78                            | 1.38   | 5.69    | −0.109               | 0.913   |

Примечание.  $\bar{X}$  — среднее значение показателя; SEM — стандартная ошибка среднего; SD — стандартное отклонение; p — достоверность различий среднего значения между группами.

Note.  $\bar{X}$  — average value of the index; SEM — standard error of the mean; SD — standard deviation; p — the significance of the differences in the mean between the groups.

Таблица 2 / Table 2

**Модели зависимости вероятности отклонения от нормальных значений биохимических показателей от содержания хрома в крови обследуемых детей****Models of the dependence of the probability of deviation of biochemical parameters on the chromium content from the norm in the blood of the examined children**

| Биохимический показатель<br>Biochemical index                       | Направление<br>изменения<br>показателя<br>Direction<br>of change<br>in index | Характеристика модели<br>Model characteristics |         |                                        |                                                    |                                                          |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                                                                     |                                                                              | параметры модели<br>model parameters           |         | критерий<br>Фишера<br>Fisher criterion | критерий<br>достоверности<br>criterion credibility | коэффициент<br>детерминации<br>determination coefficient |
|                                                                     |                                                                              | $b_0$                                          | $b_1$   | $F \geq 3,96$                          | $p \leq 0,05$                                      | $R^2$                                                    |
| Эозинофильно-лимфоцитарный индекс<br>Eosinophilic-lymphocytic index | Повышение<br>Rise                                                            | -0.81                                          | 73.98   | 28.13                                  | 0.0001                                             | 0.20                                                     |
| IgE общий<br>IgE total                                              | Повышение<br>Rise                                                            | -0.67                                          | 144.85  | 2093.00                                | 0.0001                                             | 0.15                                                     |
| Холестерин ЛПВП<br>HDL cholesterol                                  | Повышение<br>Rise                                                            | -2.36                                          | -458.23 | 383.78                                 | 0.0001                                             | 0.89                                                     |
| $\alpha$ -амилаза<br>$\alpha$ -amylase                              | Повышение<br>Rise                                                            | -3.56                                          | 184.38  | 47.49                                  | 0.0001                                             | 0.29                                                     |
| Тиреотропный гормон<br>Thyroid-stimulating hormone                  | Повышение<br>Rise                                                            | -3.10                                          | 178.38  | 49.97                                  | 0.0001                                             | 0.31                                                     |

выявлены значимые различия по сравнению с контролем по уровню следующих показателей в крови: эозинофильно-лимфоцитарного индекса (выше в 3,1 раза;  $p = 0,001$ ), IgE общего (выше в 2,4 раза;  $p = 0,015$ ), общего и прямого билирубина (выше в 1,8–2,2 раза;  $p = 0,0001$ – $0,0002$ ), липопротеина низкой плотности (выше в 1,5 раза;  $p = 0,0001$ ) и липопротеина высокой плотности (ниже в 1,2 раза;  $p = 0,0001$ ),  $\alpha$ -амилазы (выше в 1,3 раза;  $p = 0,0001$ ), ЛДГ (выше в 1,1 раза;  $p = 0,0002$ ), ТТГ (выше в 1,2 раза;  $p = 0,027$ ).

Исследование причинно-следственной связи между уровнем хрома в крови и содержанием изучаемых биохимических показателей позволило получить следующие модели зависимости, характеризующие повышение эозинофильно-лимфоцитарного индекса ( $y = -0,81 + 73,98x$ ;  $R^2 = 0,20$ ;  $p < 0,05$ ), IgE общего ( $y = -0,67 + 144,85x$ ;  $R^2 = 0,15$ ;  $p < 0,05$ ),  $\alpha$ -амилазы ( $y = -3,56 + 184,38x$ ;  $R^2 = 0,29$ ;  $p < 0,05$ ) и ТТГ ( $y = -3,10 + 178,38x$ ;  $R^2 = 0,31$ ;  $p < 0,05$ ) и понижение холестерина ЛПВП ( $y = -2,36 - 458,23x$ ;  $R^2 = 0,89$ ;  $p < 0,05$ ) в сыворотке крови при повышении хрома в крови (табл. 2).

При анализе фактической заболеваемости обследованных детей (по установленным диагнозам) выявлены прямые достоверные зависимости частоты встречаемости аллергического ринита ( $R^2 = 0,91$ ;  $b_0 = -5,46$ ;  $b_1 = 402,16$ ;  $p = 0,0001$ ), кардиомиопатии ( $R^2 = 0,96$ ;  $b_0 = -6,31$ ;  $b_1 = 1019,402$ ;  $p = 0,0001$ ) и заболеваний органов пищеварения в виде болезней желчевыводящих путей ( $R^2 = 0,30$ – $0,79$ ;  $-0,21 \leq b_0 \leq -3,20$ ;  $86,02 \leq b_1 \leq 324,58$ ;  $p = 0,0001$ ) от концентрации в крови хрома.

**Обсуждение**

Согласно источникам зарубежной и отечественной научной литературы, основная масса публикаций содержит данные о содержании хрома в крови в качестве микроэлемента, активирующего широкий спектр биологического действия в организме. Однако при длительном ингаляционном и пероральном поступлении в организм накопленные концентрации данного химического вещества могут формировать опасность возникновения негативных ответов со стороны органов-мишеней [7, 12]. На сегодняшний день отсутствуют адекватные и достоверные данные о содержании хрома в крови детей, проживающих в зоне размещения предприятия деревообрабатывающего производства. Информация об уровне хрома в крови представлена преимущественно по результатам обследования

работников, трудовая деятельность которых связана с аэрогенным воздействием данного химического вещества [13, 14], что затрудняет сопоставление полученных данных.

В многочисленных экспериментах на лабораторных животных установлено, что длительное ингаляционное поступление различных соединений хрома приводит к накоплению токсиканта в печени, почках, желудочно-кишечном тракте (ЖКТ), головном мозге, при хроническом пероральном поступлении - в лёгких и сердечной мышце [15–17]. Выявленные в настоящем исследовании достоверные изменения ряда анализируемых лабораторных показателей (повышение эозинофильно-лимфоцитарного индекса, IgE общего, уровня общего и прямого билирубина,  $\alpha$ -амилазы, ЛДГ, липопротеина низкой плотности и снижение липопротеина высокой плотности) отражают развитие негативных эффектов со стороны органов дыхания, печени, ЖКТ, сердечно-сосудистой системы, что сопоставимо с представленными данными в российских и зарубежных научных публикациях [15–18]. В настоящей работе представлены результаты анализа динамического ультразвукового исследования функции желчного пузыря у детей с повышенным содержанием хрома в крови, подтверждающие дисфункциональные расстройства билиарного тракта [19]. Представленные данные соизмеримы с повышенным уровнем билирубина и его фракции у обследованных детей. Кроме этого, установленные прямые достоверные зависимости повышения частоты встречаемости заболеваний органов дыхания (аллергический ринит – МКБ-10: J30.3), системы кровообращения (кардиомиопатия – МКБ-10: R01.0) и органов пищеварения (болезни желчевыводящих путей – МКБ-10: K.83.8) от концентрации в крови хрома также подтверждают факт хронического негативного воздействия токсиканта на организм обследованных детей. Несмотря на то что в отдельных научных трудах сосредоточена информация о выраженной дисфункции почечных канальцев [4], достоверных изменений в содержании креатинина и мочевой кислоты в сыворотке крови у детей не установлено.

Обращает на себя внимание достоверно повышенный уровень ТТГ у детей с повышенной концентрацией хрома в крови относительно детей группы контроля. Полученный результат корреспондируется с научными данными, представленными Mahmood T. и соавт. в экспериментах на крысах. В ходе гистопатологических и биохимических наблюдений авторами установлены гиперплазия фолликулов щитовидной железы, увеличение концентрации ТТГ и снижение Т3 и Т4 в крови крыс после воздействия

шестивалентного хрома [20, 21]. По мнению Rana S., токсичные элементы, в том числе хром (VI), может воздействовать на железы внутренней секреции через центры нервной системы и механизм передачи нейросигнала, активизацию свободных радикалов, окислительного стресса и изменение экспрессии генов [22].

В результате научно-исследовательской работы у детей с повышенным содержанием хрома в крови установлены биомаркеры (эозинофильно-лимфоцитарный индекс, IgE общий, билирубин общий и прямой,  $\alpha$ -амилаза, липопротеин высокой плотности, ТТГ), отражающие негативные эффекты в виде сенсibilизации, нарушения моторно-тонической функции желчного пузыря и желчевыводящих путей, изменения липидного обмена, стимуляции секреторной активности гормонов щитовидной железы.

В проведенном исследовании не исключается вероятность увеличения заболеваемости и изменения изучаемых биохимических показателей, связанных с возможным влиянием факторов, не изученных в данной работе. Однако выявленная зависимость между содержанием хрома в крови и негативным ответом в виде фактического заболевания, а также изменения отдельных лабораторных показателей может свидетельствовать об установлении одной из причин частого возникновения болезней органов дыхания, кровообращения и пищеварения — повышенной концентрации хрома (VI) в крови (более 0,0033 мг/дм<sup>3</sup>).

Полученные результаты могут быть основанием для разработки медико-профилактических мероприятий, направленных

на снижение уровня хрома в крови детей, подверженных негативному воздействию данного токсиканта в составе выбросов и сбросов предприятий деревообрабатывающей промышленности, а также на устранение негативных последствий со стороны органов-мишеней в виде аллергического ринита, кардиомиопатии и болезней желчевыводящих путей.

## Заключение

Проведенное исследование позволило установить у детей с повышенным содержанием хрома в крови биомаркеры негативных эффектов (повышение в 1,2–3,1 раза эозинофильно-лимфоцитарного индекса, IgE общего, уровня желчных пигментов и сывороточной амилазы, снижение в 1,2 раза липопротеина высокой плотности), изменения которых характеризуют сенсibilизацию, нарушение моторно-тонической функции желчевыводящих путей и секреторной активности гормонов щитовидной железы, дисбаланс липидного обмена. Выявленные негативные эффекты могут способствовать развитию заболеваний со стороны органов дыхания (в виде аллергического ринита), пищеварения (болезни желчевыводящих путей) и системы кровообращения (кардиомиопатии), подтверждением чего являются установленные фактические заболевания. Полученные биомаркеры негативных эффектов целесообразно использовать для повышения эффективности и формирования медико-профилактических программ по снижению уровня хрома в крови и предупреждению негативных последствий его воздействия на население.

## Литература

(п.п. 4–6, 8, 9, 13, 14, 17, 18, 20–22 см. References)

1. Костылева Л.Н. Современное состояние атмосферного воздуха крупных промышленных городов. *Научный альманах*. 2020; 69(7–1): 165–7.
2. Маклакова О.А. Оценка риска развития заболеваний органов дыхания и коморбидной патологии у детей в условиях загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами техногенного происхождения (когортное исследование). *Анализ риска здоровью*. 2019; (2): 56–63. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.06>
3. Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской области. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2019 году». Иркутск: Мегаринт; 2020.
7. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Землянова М.А. *Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических факторов*. Пермь: Книжный формат; 2011.
10. Тиц Н.У. *Клиническое руководство по лабораторным тестам*. Пер. с англ. М.: Юнимед-пресс; 2003: 516–7.
11. Гланц С.А. *Медико-биологическая статистика*. Пер. с англ. М.: Практика; 1999
12. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. *Микроэлементозы человека. Этиология, классификация, органопатология*. М.: Медицина; 1991.
15. Мамырбаев А.А. *Токсикология хрома и его соединения*. Актобе; 2012.
16. Хантурина Г.Р. Накопление солей хрома в органах крыс при остром отравлении. *Успехи современного естествознания*. 2014; (9): 64–7.
19. Возгомент О.В., Устинова О.Ю., Аминова А.И., Акатова А.А., Беляева Е.С., Перлова Ю.А. Ультразвуковая диагностика особенностей дисфункциональных расстройств билиарного тракта у детей, проживающих в условиях воздействия хрома, никеля и хлороформа. *Фундаментальные исследования*. 2013; (3): 46–52.
1. Kostyleva L.N. Current state of atmospheric air in large industrial cities. *Nauchnyy al'manakh*. 2020; 69(7-1): 165–7. (in Russian)
2. Maklakova O.A. Assessing risks of respiratory organs diseases and co-morbid pathology in children caused by ambient air contamination with technogenic chemicals (cohort study). *Analiz riska zdorov'yu*. 2019; (2): 56–63. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.06> (in Russian)
3. Ministry of Natural Resources and Ecology of the Irkutsk Region. State report «On the state and protection of the environment of the Irkutsk region in 2019». Irkutsk: Megaprint; 2020. (in Russian)
4. Barceloux D.G. Chromium. *J. Toxicol. Clin. Toxicol.* 1999; 37(2): 173–94. <https://doi.org/10.1081/clt-100102418>
5. WHO. Air Quality Guidelines. Second Edition Chapter 6.4: Chromium. Copenhagen, Denmark: Regional Office for Europe; 2000.
6. Achmad R., Budiawan R., Auerkari E. Effects of chromium on human body. *Ann. Res. Rev. Biol.* 2017; 13(2): 1–8.
7. Onishchenko G.G., Zaytseva N.V., Zemlyanova M.A. *Identification of Health Effects Caused by Environmental Chemical Exposure [Gigienicheskaya indikatsiya posledstviy dlya zdorov'ya pri vnesredovoy ekspozitsii khimicheskikh faktorov]*. Perm': Knizhnyy format; 2011. (in Russian)
8. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). *Toxicological profile for Chromium*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service; 2012.
9. Ozgur K., Banu A., Unachukwu M. Mechanism and health effects of heavy metal toxicity in humans. In: *Poisoning in the Modern World - New Tricks for an Old Dog?* 2019; 1–23. Available at: <https://www.intechopen.com/books/poisoning-in-the-modern-world-new-tricks-for-an-old-dog-mechanism-and-health-effects-of-heavy-metal-toxicity-in-humans> <https://doi.org/10.5772/intechopen.82511>
10. Tietz N.W. *Clinical Guide to Laboratory Tests*. Philadelphia: W.B. Saunders; 1983.
11. Glantz S.A. *Primer of Biostatistics*. New-York: McGraw-Hill; 1994.
12. Avtsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., Strochkova L.S. *Human Microelementosis. Etiology, Classification, Organopathology [Mikroelementozy cheloveka. Etiologiya, klassifikatsiya, organopatologiya]*. Moscow: Meditsina; 1991. (in Russian)
13. Gil F., Hernández A.F., Márquez C., Femia P., Olmedo P., López-Guarnido O., et al. Biomonitorization of cadmium, chromium, manganese, nickel and lead in whole blood, urine, axillary hair and saliva in an occupationally exposed population. *Sci. Total. Environ.* 2011; 409(6): 1172–80. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.11.033>
14. Petersen R. Half life of chromium in serum and urine in a former plasma cutter of stainless steel. *Occup. Environ. Med.* 2000; 57(2): 140–2. <https://doi.org/10.1136/oem.57.2.140>
15. Mamyrbayev A.A. *Toxicology of Chromium and its Compounds [Toksikologiya khroma i ego soedineniya]*. Akto'be; 2012. (in Russian)
16. Khanturina G.R. Accumulation of chromium salt in the organs of rats at the acute poisoning. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2014; (9): 64–7. (in Russian)
17. Paustenbach D., Finley B., Mowat F., Kerger B. Human health risk and exposure assessment of chromium (VI) in tap water. *J. Toxicol. Environ. Health A*. 2003; 66(14): 1295–339. <https://doi.org/10.1080/15287390306388>
18. Baruthio F. Toxic effects of chromium and its compounds. *Biol. Trace. Elem. Res.* 1992; 32(1–3): 145–53. <https://doi.org/10.1007/bf02784599>
19. Vozgoment O.V., Ustinova O.Yu., Aminova A.I., Akatova A.A., Belyaeva E.S., Perlova Yu.A. Ultrasound diagnostics of the specificities of dysfunctional disorders of the biliary tract in children chronically exposed to chromium, nickel and chloroform. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013; (3): 46–52. (in Russian)
20. Mahmood T., Qureshi I.Z., Iqbal M.J. Histopathological and biochemical changes in rat thyroid following acute exposure to hexavalent chromium. *Histol. Histopathol.* 2010; 25(11): 1355–70. <https://doi.org/10.14670/hh-25.1355>
21. Qureshi I.Z., Mahmood T. Prospective role of ascorbic acid (vitamin C) in attenuating hexavalent chromium induced functional and cellular damage in rat thyroid. *Toxicol. Ind. Health.* 2010; 26(6): 349–59. <https://doi.org/10.1177/0748233710371109>
22. Rana S.V.S. Perspectives in endocrine toxicity of heavy metals – a review. *Biol. Trace Elem. Res.* 2014; 160(1): 1–14. <https://doi.org/10.1007/s12011-014-0023-7>