



Научная статья

## К ОЦЕНКЕ ИНДЕКСА НАКОПЛЕНИЯ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КОМПЛЕКСА НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ОРГАНИЗМ МЕТАЛЛУРГОВ

Н.В. Власова<sup>1</sup>, Л.М. Масыгутова<sup>1,2</sup>, Е.Р. Абдрахманова<sup>1,2</sup>,  
Л.А. Рафикова<sup>1</sup>, Г.М. Чудновец<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека, Россия, 450106, г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, 94

<sup>2</sup>Башкирский государственный медицинский университет, Россия, 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3

Одной из базовых отраслей экономики России, объединяющей в себе более 4 тысяч предприятий, 70 % из которых – градообразующие, является металлургическая промышленность. Данное исследование посвящено цитологической оценке состояния слизистой оболочки полости рта и секрета со слизистой среднего носового хода у работников этой отрасли.

Исследованы цитологические лабораторные показатели при воздействии комплекса неблагоприятных производственных факторов на организм металлургов. Проведено клинко-диагностическое обследование работников одного из металлургических комбинатов на территории Республики Башкортостан в период 2019–2020 гг. Выполнены цитологические исследования слизистой оболочки полости рта (буккальный эпителий) и слизистой среднего носового хода (риноцитозграмма). В работе был использован индекс накопления цитогенетических нарушений – Index of accumulation of cytogenetic damage (Iac), учитывающий показатели клеточной кинетики.

Общая гигиеническая оценка условий труда работников металлургического комбината согласно критериям Р.2.2.2006-05 соответствует вредному 3-му классу 2–3-й степени (3.2–3.3). Результаты исследования выявили цитогенетические нарушения клетки буккального эпителия у рабочих, контактирующих с вредными производственными факторами. Низкая вероятность цитогенетических нарушений выявлена у 66,67 %, умеренная – у 9,2 %, высокая – у 23,81 % работников. При оценке риноцитозграммы у работающих с вредными факторами производства выявлены признаки аллергического воспаления, которые характеризуются увеличением количества эозинофилов.

Полученные результаты подтверждают высокую значимость диагностических методов для разработки алгоритма скрининговых обследований работающего населения, а также в качестве индикаторов нарушений здоровья в условиях воздействия вредных факторов производственной среды (шум, нагревающий микроклимат, производственная пыль, газообразные химические вещества).

**Ключевые слова:** металлургическое производство, гигиеническая оценка условий труда, вредные производственные факторы, индекс накопления цитогенетических повреждений, клетки буккального эпителия, риноцитозграмма.

Металлургическая промышленность России является базовой отраслью экономики, объединяя в себе 4,2 тысячи предприятий, более 70 % из которых – градообразующие [1–4]. На производстве занято более полумиллиона трудящихся. Металлургическое производство относится к предприятиям полного цикла, что предполагает использование

огромного числа технологических процессов, различных температурных режимов, связующих и катализаторных материалов. Несмотря на проводимую модернизацию отрасли, труд металлургов обусловлен комплексным воздействием вредных производственных факторов: шума, нагревающего микроклимата, производственной пыли, огнеопасных,

© Власова Н.В., Масыгутова Л.М., Абдрахманова Е.Р., Рафикова Л.А., Чудновец Г.М., 2022

**Власова Наталья Викторовна** – кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела медицины труда (e-mail: vnv.vlasova@yandex.ru; тел.: 8 (927) 308-28-49; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3926-0937>).

**Масыгутова Ляйля Марселевна** – доктор медицинских наук, заведующий отделом медицины труда и экологии человека (e-mail: kdl.ufa@gambler.ru; тел.: (347) 255-19-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0195-8862>).

**Абдрахманова Елена Рафиловна** – кандидат медицинских наук, врач-аллерголог консультативно-поликлинического отделения клиники, доцент кафедры терапии и профессиональных болезней с курсом ИДПО (e-mail: elenara@inbox.ru; тел.: 8 (917) 756-37-79; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2763-1358>).

**Рафикова Линара Альфировна** – заведующий клинко-диагностической лабораторией (e-mail: linara.s@mail.ru; тел.: 8 (917) 430-31-85; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7355-9556>).

**Чудновец Гузель Маратовна** – врач-отоларинголог (e-mail: nora-08@list.ru; тел.: 8 (903) 353-73-51; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5807-2037>).

взрывоопасных и ядовитых веществ, вибрации, ультразвука, электромагнитных излучений, а также большими физическими нагрузками, работой в ночные часы [1, 5–7]. Исследования отечественных авторов подтвердили значительную роль вредных производственных факторов металлургического производства в формировании патологических состояний различных органов и систем [8, 9], в том числе и слизистой верхних дыхательных путей, которые могут протекать латентно и служить фактором развития различных заболеваний системы дыхания [10].

В настоящее время большое значение приобретает поиск наиболее информативных физиологических, биохимических, иммунологических и других критериев оценки действия вредных факторов [11, 12].

Исследование риноцитограммы (РЦГ) при микроскопии мазков-отпечатков со слизистой оболочки носа является простым атравматичным методом оценки состояния слизистой системы дыхания [13, 14]. РЦГ дает представление о состоянии эпителиальной выстилки верхних дыхательных путей, наличии лейкоцитов и ориентировочно оценивает характер микрофлоры [15, 16].

Одним из тестов, позволяющих оценить заболевания и процессы, связанные с индукцией повреждения ДНК, в качестве эффективного биомаркера рассматривается микроядерный тест буккального эпителия [17]. Данный анализ завоевывает популярность среди исследователей, поскольку его минимальная инвазивность сбора клеток, подготовка препаратов и простота хранения делают микроядерный тест буккального эпителия идеальным выбором для молекулярно-эпидемиологических исследований [18–20].

В научной литературе освещены исследования микроядерного теста буккального эпителия на предприятиях при воздействии формальдегида, пестицидов, цитостатиков, при производстве железа, хрома, на медеплавильном, швейном производствах, в микробиологической промышленности, при проведении авторемонтных работ и др. [21]. Работ по исследованию микроядерного теста буккального эпителия и мазков-отпечатков со слизистой оболочки носа (риноцитограммы) в металлургической промышленности мы не обнаружили.

Актуальность данного исследования определяется выявлением предпатологических и патологических состояний, позволяющих диагностировать степень тяжести, прогнозировать течение профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний.

**Цель исследования** – проанализировать цитологические лабораторные показатели при воздейст-

вии комплекса неблагоприятных производственных факторов на организм металлургов.

**Материалы и методы.** Для достижения поставленной цели и решения задач настоящей работы проведено клинико-диагностическое обследование работников металлургического комбината на территории Республики Башкортостан в период 2019–2020 гг. Анализ лабораторных показателей осуществлен по результатам периодического медицинского осмотра (ПМО), проведенного согласно Приказу Минтруда России № 988н, Минздрава России № 1420н от 31.12.2020<sup>1</sup>. В группу наблюдения вошли работники различных специальностей предприятия, профессиональная деятельность которых не исключает воздействие на организм факторов производственной среды. Критериями включения в основную группу обследования, а также в отборе биоматериала являются: наличие в анамнезе хронических (с обострением в течение года) или острых (двух за год и более) заболеваний органов дыхания, выполнение работ в присутствии аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПДФ). В контрольную группу вошли работники этого же предприятия, не имеющие контакта с вредными факторами производства. Средний возраст –  $53,76 \pm 1,26$  г., средний стаж на предприятии –  $25,66 \pm 1,22$  г. Все группы сопоставимы по возрасту и полу. Все обследованные являются стажированными работниками.

Проанализированы результаты лабораторно-инструментального контроля исследований проб воздуха закрытых помещений, замеров интенсивности шума, производственного микроклимата, искусственной освещенности, которые были проведены испытательным лабораторным центром ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан». Гигиеническая оценка условий труда основывалась на результатах материалов аттестации рабочих мест и производственного контроля, собственных наблюдений производственного процесса и должностных инструкций, представленных отделом кадров предприятия.

Материалом цитологического исследования служили образцы многослойного плоского неороговевающего эпителия слизистой оболочки полости рта (буккального эпителия) и слизистой среднего носового хода. Микроядра буккального эпителия идентифицировали согласно стандарту, описанному в работе Р.Е. Tolbert [22]. Также учитывались двуядерные клетки, кариопикноз, кариорексис, кариолизис. Для оценки клеточности мазка и морфологической картины в целом секрета слизистой среднего носового хода проводили подсчет в тонких местах препарата аналогично подсчету лейкоцитарной формулы крови. Зна-

<sup>1</sup> Об утверждении перечня вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные медицинские осмотры при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры: Приказ Минтруда России и Минздрава России от 31 декабря 2020 года № 988н/1420н [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573473071> (дата обращения: 27.06.2022).

чение порога устанавливалось на уровне 100, результат выражали в %. В подсчет включали эпителий (отдельно цилиндрический, метаплазированный, плоский, с дегенеративными признаками, в том числе в виде голых «ядер»), лейкоциты (нейтрофилы, эозинофилы, моноциты, лимфоциты). В описании препарата отмечали общую клеточность мазка: скудный – единичные клетки в поле зрения, умеренный – небольшие группы до 3–5 клеток в поле зрения, многоклеточный – пласты, десятки клеток в поле зрения. Оценивали расположение эпителия (группы, пласты, одиночные клетки), признаки дегенеративных изменений цилиндрического эпителия, наличие слизи и микрофлоры (кокки, палочки).

Методика позволяет выявить в секрете со слизистой среднего носового хода клеточные изменения, вызванные воздействием физического и химического раздражения [23]. Исследования стеклопрепаратов проводили на микроскопе «Микмед-5» (Россия) при увеличении 10×40; 10×100.

В работе был использован индекс накопления цитогенетических нарушений – Index of accumulation of cytogenetic damage (*Iac*), учитывающий показатели клеточной кинетики [24]. Выделены три группы вероятности риска цитогенетических повреждений: низкая ( $Iac \leq 2$ ), умеренная ( $2 < Iac < 4$ ) и высокая ( $Iac \geq 4$ ). Лабораторные исследования осуществлены с информированного согласия обследуемых в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации 2000 г.

Результаты обработаны с использованием программы Statistica 6.0 с определением среднеарифметической (*M*), стандартной ошибки среднего (*m*), показателя достоверности анализа с использованием параметрического критерия Стьюдента (*t*) и уровня значимости (*p*). Возрастная детерминированность нарушений здоровья определена с помощью коэффициента корреляции (*r*).

**Результаты и их обсуждение.** К группе основных профессий, представленных на предприятии, относятся волочильщик проволоки, огнеупорщик, калильщик, автоматчик холодновысадочных автоматов, машинист по навивке канатов и др. На протяжении всей рабочей смены в цехах происходят существенные изменения внешней среды: резкое повышение температуры воздуха в теплый период года и снижение ее в холодный, мощное излучение от нагретого и расплавленного металла. На некоторых промышленных участках происходит запыленность воздуха на подготовительных процессах, выделение значительного количества окиси углерода, аэрозолей фиброгенного действия и пр.

Работа волочильщика проволоки сопряжена с воздействием пылей с примесью диоксида кремния,

также в воздухе рабочей зоны волочильщика зафиксировано превышение динамрия карбоната. Общая гигиеническая оценка условий труда волочильщика проволоки соответствует классу 3.3.

В процессе работы огнеупорщик подвержен воздействию пылей от огнеупоров, углерода оксида и физического напряжения. В воздухе рабочей зоны зафиксировано превышение ПДК в несколько раз углерода оксида, содержание АПДФ, асбестообразующих пылей. Общая гигиеническая оценка условий труда огнеупорщика, занятого на футеровке термических печей, соответствует классу 3.2.

В течение всей смены основная трудовая деятельность калильщика связана с воздействием диоксида триоксида и пылей растительного и животного происхождения с примесью диоксида кремния (до 1,5 ПДК). Общая гигиеническая оценка условий труда калильщика проволоки соответствует классу 3.3.

В своей работе автоматчик холодновысадочных автоматов подвергается значительному воздействию аэрозолей преимущественно фиброгенного действия. Общая гигиеническая оценка условий труда автоматчика холодновысадочных автоматов соответствует классу 3.3.

В рабочей зоне машиниста по навивке канатов пыль растительного и животного происхождения с примесью диоксида кремния превышает норму в несколько раз. Общая гигиеническая оценка условий труда машиниста по навивке канатов соответствует классу 3.2.

Общая гигиеническая оценка условий труда работников металлургического комбината согласно критериям Р 2.2.2006-05 соответствует вредному 3-му классу 2–3 степени ( $3.2-3.3$ )<sup>2</sup> (таблица).

Результаты исследования выявили цитогенетические нарушения клеток буккального эпителия у рабочих, контактирующих с вредными производственными факторами (рисунок).

Повышение частоты буккальных эпителиоцитов с микроядрами выявлены у 47,61 % рабочих. Это в два раза выше, чем в контрольной группе ( $p > 0,05$ ). Морфологические признаки нарушения пролиферации регистрировались у 7,14 % обследованных. Из показателей деструкции ядра статистически значимыми оказались признаки некроза клетки. Результат некротического процесса клеточной деструкции – кариолизис был идентифицирован у 35,71 % работников ( $p > 0,05$ ), ему предшествуют появления перинуклеарной вакуоли или вакуолизации ядра. Естественной формой апоптоза клеток буккального эпителия считается кариопикноз, который был выявлен у 11,90 % обследованных лиц. Клетки с признаками кариорексиса обнаружены у 2,38 % работников производства.

<sup>2</sup> Р 2.2.2006-05. Гигиеническая оценка факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда / утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 29 июля 2005 г., введ. в действие с 1 ноября 2005 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200040973> (дата обращения: 09.07.2022).

## Классификация условий труда работников металлургического комбината по степени вредности и опасности

Профессия	Вредные факторы, класс условий труда					
	шум	пыль растительного и животного происхождения	химические вещества (найти в СГХ)	тяжесть труда	микроклимат производственных помещений	общая оценка условий труда
Волочильщик проволоки	3.1	3.1	3.1	3.1–3.2	3.1	3.3
Огнеупорщик, занятый на футеровке термических печей	3.1	3.2	3.1	3.1–3.2	3.1	3.2–3.3
Калильщик	3.1	3.1	3.1	3.2	3.1	3.3
Автоматчик холодновысадочных автоматов	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3
Машинист по навивке канатов	3.1	3.1	3.1	3.1–3.2	3.1	3.2

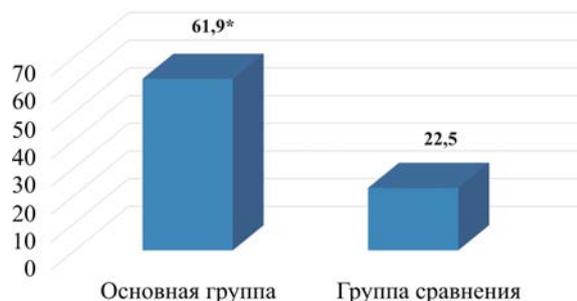


Рис. Цитогенетические нарушения клеток буккального эпителия у рабочих, контактирующих с вредными производственными факторами (%): \* – достоверность различий ( $p < 0,05$ )

С помощью индекса накопления цитогенетических нарушений была рассчитана вероятность возникновения цитологических нарушений. Низкая вероятность цитогенетических нарушений выявлена у 66,67 %; умеренная – у 9,2 %; высокая вероятность – у 23,81 % работников.

При оценке РЦГ у работающих с вредными факторами производства общая клеточность в препаратах была умеренной. Клетки плоского эпителия располагаются группами и пластами, встречаются у 52,38 % обследованных. Признаки неспецифического, возможно микробного, воспаления представлены нейтрофилезом у 85,71 %, увеличением количества цилиндрического эпителия – у 28,57 %, незначительной метаплазией эпителия – у 9,52 % работников. В мазках отмечено наличие скудной, чаще кокковой микрофлоры. У ряда пациентов выявлены признаки аллергического воспаления, которые характеризуются увеличением количества эозинофилов у 28,57 % обследованных лиц. В контрольной группе в цитологических препаратах со слизистой среднего носового хода встречаются клетки цилиндрического эпителия в редких полях зрения у 5,00 %, единичные пласты клеток плоского эпителия и метаплазированные эпителиальные клетки – у 15,00 % рабочих.

Особенностью металлургического производства является присутствие большого комплекса вредных веществ с различным характером действия на орга-

низм, применяемых и получаемых в технологических процессах. Промышленные аэрозоли значительно повышают вероятность развития цитогенетических нарушений в клетках буккальных эпителиоцитов слизистой оболочки полости рта, переводя рабочего из группы умеренной вероятности возникновения нарушений в группу высокой вероятности. Цитоморфологически это проявляется в повышении числа клеток с признаками нарушения процесса пролиферации и клеток с признаками деструкции по типу некроза. Анализ индекса накопления цитогенетических нарушений позволил подтвердить цитотоксическое действие промышленных аэрозолей. Повышение частоты клеток с цитогенетическими изменениями в ротовой полости исследователи относят к наиболее ранним проявлениям нарушения цитогенетического гомеостаза и снижения адаптационного резерва организма работников [25]. Дегенеративные (дистрофические) изменения в эпителии назального секрета развиваются за счет цитопатического действия микрофлоры, аллергенов, химических аэрозолей. Также о дегенеративном процессе свидетельствуют потеря ресничек, вакуолизация ядра и цитоплазмы, гипохромия, оксифилия цитоплазмы, нечеткость контуров цитоплазмы вплоть до полного ее разрушения с появлением «голых» ядер [20].

**Выводы.** Таким образом, проведенный анализ данных лабораторного обследования работников металлургического комбината установил, что при воздействии промышленных аэрозолей значительно повышается вероятность развития цитогенетических нарушений в клетках буккального эпителия и в эпителиальных клетках назального секрета. Полученные результаты подтверждают высокую значимость диагностических методов для разработки алгоритма скрининговых обследований работающего населения, а также в качестве индикаторов нарушений здоровья в условиях воздействия вредных факторов производственной среды.

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

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

## Список литературы

1. Егорова А.М., Жеглова А.В., Сааркоппель Л.М. Анализ профессионального риска для здоровья рабочих металлургического производства // Анализ риска здоровью 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 2 т. / под ред. проф. А.Ю. Поповой, акад. РАН Н.В. Зайцевой. – Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2020. – Т. 2. – С. 142–147.
2. ВНИИ труда. Металлургия. Аналитическая справка. – 2019. – 92 с.
3. Кагиян О.А. Влияние градообразующего предприятия на экономику и экологию города Липецка // Актуальные проблемы современной экономики: от финансовых и социальных институтов к маркетингу. – СПб., 13 апреля 2018 г. – С. 194–200.
4. Дяттерева И.В., Сазыкина М.Ю., Бесчастнова Н.В. Стратегические задачи развития металлургической отрасли в Республике Башкортостан в контексте российских и мировых тенденций // Теоретическая и прикладная экономика. – 2016. – № 4. – С. 103–120.
5. Чеботарев А.Г., Прохоров В.А. Современные условия труда и профессиональная заболеваемость металлургов // Медицина труда и промышленная экология. – 2012. – № 6. – С. 1–7.
6. Власова Е.М., Шляпников Д.М., Лебедева Т.М. Анализ динамики изменений характеристики профессионального риска развития артериальной гипертензии у работников предприятия цветной металлургии // Медицина труда и промышленная экология. – 2015. – № 8. – С. 10–13.
7. Роль условий труда в формировании профессиональной заболеваемости работников металлургического производства / Л.М. Масыгутова, Е.Р. Абдрахманова, А.Б. Бакиров, Г.Г. Гимранова, В.Т. Ахметшина, Л.Г. Гизатуллина, Э.Ф. Габдулвалеева, А.Д. Волгарева, А.С. Хафизова // Гигиена и санитария. – 2022. – Т. 101, № 1. – С. 47–52. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-1-47-52
8. Гигиеническая оценка факторов риска на производствах порошковой металлургии / Н.В. Зайцева, П.З. Шур, А.Р. Клименко, О.Ю. Устинова, Н.А. Лебедева-Несевря, В.Г. Костарев // Медицина труда и промышленная экология. – 2011. – № 11. – С. 16–19.
9. Опыт оценки профессионального риска, связанного с воздействием промышленных аэрозолей, в условиях модернизации металлургического предприятия / Е.Л. Базарова, А.А. Федорук, Н.А. Рослая, И.С. Ошеров, А.Г. Бабенко // Здоровье населения и среда обитания – ЗНисО. – 2019. – Т. 310, № 1. – С. 38–45. DOI: 10.35627/2219-5238/2019-310-1-38-45
10. Рязанцев С.В., Хмельницкая Н.М., Тырнова Е.В. Патологические механизмы хронических воспалительных заболеваний слизистой оболочки верхних дыхательных путей // Вестник отоларингологии. – 2001. – № 6. – С. 56–59.
11. Потапов А.И. Гигиена: реальность и перспективы // Здоровоохранение Российской Федерации. – 2003. – № 3. – С. 3–4.
12. Рахманин Ю.А., Ревазова Ю.А. Донозологическая диагностика в проблеме окружающей среда – здоровье населения // Гигиена и санитария. – 2004. – № 6. – С. 3–5.
13. Значимость морфологического исследования в диагностике риносинуситов / Т.В. Аппельганс, Н.С. Чиняева, В.А. Махов, Л.В. Кузьмина // Врач-аспирант. – 2006. – Т. 12, № 3. – С. 208–214.
14. Клинико-морфологическая характеристика различных форм ринитов / Т.Г. Бархина, С.А. Гусниев, М.Ю. Гушин, В.А. Утешева, В.П. Черников // Морфологические ведомости. – 2017. – Т. 25, № 2. – С. 14–20. DOI: 10.20340/mv-mn.17(25).02.02
15. Метод мазков-отпечатков со слизистой носа в диагностике заболеваний органов дыхания / Н.С. Журавская, Т.И. Виткина, Е.А. Круковская, Т.А. Наставшева // Клиническая лабораторная диагностика. – 2002. – № 2. – С. 40–42.
16. Зимина В.А., Птицына А.И., Соколов И.И. Риноцитограмма – диагностическое значение лабораторного исследования // Фундаментальные проблемы науки: сборник статей Международной научно-практической конференции: в 2 ч. – Уфа: Аэтерна, 2016. – Ч. 2. – С. 158–160.
17. Biological monitoring of workers exposed to carcinogens using the buccal micronucleus approach: A systematic review and meta-analysis / N.B. Hopf, C. Bolognesi, B. Danuser, P. Wild // Mutat. Res. Rev. Mutat. Res. – 2019. – Vol. 781. – P. 11–29. DOI: 10.1016/j.mrrev.2019.02.006
18. The HUMN and HUMN<sub>x</sub>L international collaboration projects on human micronucleus assays in lymphocytes and buccal cells – past, present and future / M. Fenech, N. Holland, E. Zeiger, W.P. Chang, S. Burgaz, P. Thomas, C. Bolognesi, S. Knasmueller [et al.] // Mutagenesis. – 2011. – Vol. 26, № 1. – P. 239–245. DOI: 10.1093/mutage/geq051
19. Dhillon V.S., Aslam M., Husain S.A. The contribution of genetic and epigenetic changes in granulosa cell tumors of ovarian origin // Clin. Cancer Res. – 2004. – Vol. 10, № 16. – P. 5537–5545. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-04-0228
20. Genomic Instability in Exfoliated Buccal Cells among Cement Warehouse Workers / L. Krishna, U. Sampson, P.T. Annamala, K.M. Unni, B. Binukumar, A. George, R. Sreedharan // Int. J. Occup. Environ. Med. – 2020. – Vol. 11, № 1. – P. 33–40. DOI: 10.15171/ijocem.2020.1744
21. Сычева Л.П. Биологическое значение, критерии определения и пределы варьирования полного спектра кариологических показателей при оценке цитогенетического статуса человека // Медицинская генетика. – 2007. – Т. 6, № 11 (65). – С. 3–11.
22. Tolbert P.E., Shy C.M., Allen J.W. Micronuclei and other nuclear anomalies in buccal smears: methods development // Mutat. Res. – 1992. – Vol. 271, № 1. – P. 69–77. DOI: 10.1016/0165-1161(92)90033-i
23. Epstein-Barr virus induced cellular changes in nasal mucosa / M. Gelardi, M. Tapaculo, M. Cassano, G. Besozzi, M.L. Fiorella, A. Calvario, M.A. Castellano, P. Cassano // Virology. – 2006. – Vol. 3. – P. 6. DOI: 10.1186/1743-422X-3-6
24. Сычева Л.П. Цитогенетический мониторинг для оценки безопасности среды обитания человека // Гигиена и санитария. – 2012. – Т. 91, № 6. – С. 68–72.
25. Оценка генотоксических эффектов буккального эпителия при нарушении адаптационного статуса организма / А.В. Дерюгина, М.Н. Иващенко, П.С. Игнатъев, А.Г. Самоделькин, А.А. Белов, В.А. Гушин // Клиническая лабораторная диагностика. – 2018. – Т. 63, № 5. – С. 290–292. DOI: 10.18821/0869-2084-2018-63-5-290-292

*К оценке индекса накопления цитогенетических нарушений при воздействии комплекса неблагоприятных производственных факторов на организм металлургов / Н.В. Власова, Л.М. Масыгутова, Е.Р. Абдрахманова, Л.А. Раффикова, Г.М. Чудновец // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 4. – С. 117–123. DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.11*



Research article

## ASSESSING INDEX OF ACCUMULATED CYTOGENETIC DISORDERS IN WORKERS EMPLOYED IN METALLURGY UNDER EXPOSURE TO ADVERSE OCCUPATIONAL FACTORS

**N.V. Vlasova<sup>1</sup>, L.M. Masyagutova<sup>1,2</sup>, E.R. Abdrakhmanova<sup>1,2</sup>,  
L.A. Rafikova<sup>1</sup>, G.M. Chudnovets<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, 94 Stepana Kuvykina Str., Ufa, 450106, Russian Federation

<sup>2</sup>Bashkir State Medical University, 3 Lenina Str., Ufa, 450008, Russian Federation

*Metallurgy is a major economic branch in Russia with more than 4000 enterprises operating in it and seventy percent of them being city-forming ones. This study focuses on cytological assessment of the oral mucosa and secretion from the middle meatus mucosa in workers employed in metallurgy.*

*The aim of this study was to investigate cytological laboratory indicators in workers employed in metallurgy under exposure to adverse occupational factors.*

*A clinical and diagnostic examination of workers employed at a metallurgical plant in Bashkortostan was performed in 2019–2020; it involved cytological studies of the oral mucosa (buccal epithelium) and the middle meatus mucosa (rhinocytogram). In this study, we applied the Index of cytogenetic disorders accumulation (Iac) that allows for cellular kinetics indicators.*

*The overall hygienic assessment of working conditions for workers employed at the analyzed metallurgic plant corresponds to the hazard category 3.2–3.3 in accordance with the criteria outlined in the Guide R (harmful, class 2 or 3). The research results revealed cytogenetic disorders of buccal epithelial cells in the workers who had contacts with adverse occupational factors. Low likelihood of cytogenetic disorders was established for 66.67 % of the workers; moderate, 9.2 %; high, 23.81 %. We assessed rhinocytograms of the workers exposed to adverse occupational factors and revealed some signs of allergic inflammation characterized with high eosinophil count.*

*The research results confirm high significance of diagnostic procedures for developing an algorithm for screening examinations of working population as well as indicators of health disorders under exposure to adverse occupational factors (noise, heating microclimate, industrial dust, gaseous chemicals).*

**Keywords:** metallurgical production, hygienic assessment of working conditions, adverse occupational factors, Index of cytogenetic disorders accumulation, buccal epithelium cells, rhinocytogram.

### References

1. Egorova A.M., Zheglova A.V., Saarkoppel' L.M. Analiz professional'nogo riska dlya zdorov'ya rabochikh metallurgicheskogo proizvodstva [Analysis of occupational health risks for workers in metallurgical production]. *Analiz riska zdorov'yu 2020 sovmestno s mezhdunarodnoi vstrechei po okruzhayushchei srede i zdorov'yu Rise-2020 i kruglym stolom po bezopasnosti pitaniya: materialy X Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem: v 2 t.* In: A.Yu. Popova, N.V. Zaitseva eds. Perm, Perm National Research Polytechnic University Publ., 2020, vol. 2, pp. 142–147 (in Russian).
2. VNIИ труда. Metallurgiya. Analiticheskaya spravka [Metallurgy. Analytical reference], 2019, 92 p. (in Russian).
3. Kagiyan O.A. Vliyaniye gradoobrazuyushchego predpriyatiya na ekonomiku i ekologiyu goroda Lipetska [The influence of the city-forming enterprise on the economy and ecology of the city of Lipetsk]. *Aktual'nye problemy sovremennoi ekonomiki: ot finansovykh i sotsial'nykh institutov k marketingu.* St. Petersburg, April 13, 2018, pp. 194–200 (in Russian).

© Vlasova N.V., Masyagutova L.M., Abdrakhmanova E.R., Rafikova L.A., Chudnovets G.M., 2022

**Natalia V. Vlasova** – Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Occupational Medicine Department (e-mail: vnv.vlasova@yandex.ru; tel.: +7 (927) 308-28-49; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3926-0937>).

**Lyaylya M. Masyagutova** – Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Occupational Medicine and Human Ecology (e-mail: kdl.ufa@rambler.ru; tel.: (347) 255-19-48; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0195-8862>).

**Elena R. Abdrakhmanova** – Candidate of Medical Sciences, allergist of the Consultative And Polyclinic Department of the clinic; Associate Professor of the Department for Therapy and Occupational Diseases with the course of additional training for work (e-mail: elenara@inbox.ru; tel.: +7 (917) 756-37-79; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2763-1358>).

**Linara A. Rafikova** – Head of the Clinical and Diagnostic Laboratory (e-mail: linara.s@mail.ru; tel.: +7 (917) 430-31-85; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7355-9556>).

**Guzel M. Chudnovets** – otolaryngologist (e-mail: nora-08@list.ru; tel.: +7 (903) 353-73-51; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5807-2037>).

4. Dyagtereva I.V., Sazykina M.Yu., Beschastnova N.V. Strategicheskie zadachi razvitiya metallurgicheskoi otrasli v Respublike Bashkortostan v kontekste rossiiskikh i mirovykh tendentsii [Strategic objectives for the development of the metallurgical industry in the Republic of Bashkortostan in the context of Russian and global trends]. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekonomika*, 2016, no. 4, pp. 103–120 (in Russian).
5. Tchebotaryov A.G., Prokhorov V.A. Contemporary work conditions and occupational morbidity in metallurgists. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2012, no. 6, pp. 1–7 (in Russian).
6. Vlasova E.M., Shlyapnikov D.M., Lebedeva T.M. Analysis of changes in characteristics of arterial hypertension occupational risk in workers of nonferrous metallurgy. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2015, no. 8, pp. 10–13 (in Russian).
7. Masyagutova L.M., Abdrakhmanova E.R., Bakirov A.B., Gimranova G.G., Akhmetshina V.T., Gizatullina L.G., Gabdulvaleeva E.F., Volgareva A.D., Hafizova A.S. The role of working conditions in the formation of occupational morbidity of workers in metallurgical production. *Gigiena i sanitariya*, 2022, vol. 101, no. 1, pp. 47–52. DOI: 10.47470/0016-9900-2022-101-1-47-52 (in Russian).
8. Zaitseva N.V., Shur P.Z., Klimenko A.R., Ustinova O.Yu., Lebedeva-Nesevria H.A., Kostarev V.G. Hygienic evaluation of risk factors on powder metallurgy production. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2011, no. 11, pp. 16–19 (in Russian).
9. Bazarova E.L., Fedoruk A.A., Roslaya N.A., Osheroev I.S., Babenko A.G. Assessment experience of occupational risk associated with exposure to industrial aerosols under the conditions of metallurgical enterprise modernization. *ZNiSO*, 2019, vol. 310, no. 1, pp. 38–45. DOI: 10.35627/2219-5238/2019-310-1-38-45 (in Russian).
10. Ryazantsev S.V., Khmel'nitskaya N.M., Tynova E.V. Patofiziologicheskie mekhanizmy khronicheskikh vospalitel'nykh zabolevaniy slizistoi obolochki verkhnikh dykhatel'nykh putei [Pathophysiological mechanisms of chronic inflammatory diseases of the mucous membrane of the upper respiratory tract]. *Vestnik otolaringologii*, 2001, no. 6, pp. 56–59 (in Russian).
11. Potapov A.I. Hygiene: reality and perspectives. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*, 2003, no. 3, pp. 3–4 (in Russian).
12. Rakhmanin Yu.A., Revazova Yu.A. Prenosological diagnosis in the environment-human health area. *Gigiena i sanitariya*, 2004, no. 6, pp. 3–5 (in Russian).
13. Appel'gans T.V., Chinyaeva N.S., Makhov V.A., Kuz'mina L.V. Znachimost' morfologicheskogo issledovaniya v diagnostike rinosinusitov [The significance of morphological research in the diagnosis of rhinosinusitis]. *Vrach-aspirant*, 2006, no. 3, pp. 208–213 (in Russian).
14. Barkhina T.G., Gusniev S.A., Gushchin M.Yu., Utesheva V.A., Chernikov V.P. Clinical and morphological characteristics of various forms of rhinitis. *Morfologicheskoe vedomosti*, 2017, vol. 25, no. 2, pp. 14–20. DOI: 10.20340/mv-mn.17(25).02.02 (in Russian).
15. Zhuravskaya N.S., Vitkina T.I., Krukovskaya E.A., Nastavsheva T.A. Metod mazkov-otpechatkov so slizistoi nosa v diagnostike zabolevaniy organov dykhaniya [The method of smear-imprints from the nasal mucosa in the diagnosis of respiratory diseases]. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2002, no. 2, pp. 40–42 (in Russian).
16. Zimina V.A., Ptitsyna A.I., Sokolov I.I. Rinotsitogramma – diagnosticheskoe znachenie laboratornogo issledovaniya [Rhinocytogram – diagnostic value of laboratory research]. *Fundamental'nye problemy nauki: sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: v 2-kh chastyakh*. Ufa, Aeterna LLC, 2016, pt 2, pp. 158–160 (in Russian).
17. Hopf N.B., Bolognesi C., Danuser B., Wild P. Biological monitoring of workers exposed to carcinogens using the buccal micronucleus approach: A systematic review and meta-analysis. *Mutat Res. Rev. Mutat. Res.*, 2019, vol. 781, pp. 11–29. DOI: 10.1016/j.mrrev.2019.02.006
18. Fenech M., Holland N., Zeiger E., Chang W.P., Burgaz S., Thomas P., Bolognesi C., Knasmueller S. [et al.]. The HUMN and HUMNxl international collaboration projects on human micronucleus assays in lymphocytes and buccal cells – past, present and future. *Mutagenesis*, 2011, vol. 26, no. 1, pp. 239–245. DOI: 10.1093/mutage/geq051
19. Dhillon V.S., Aslam M., Husain S.A. The contribution of genetic and epigenetic changes in granulosa cell tumors of ovarian origin. *Clin. Cancer Res.*, 2004, vol. 10, no. 16, pp. 5537–5545. DOI: 10.1158/1078-0432.CCR-04-0228
20. Krishna L., Sampson U., Annamala P.T., Unni K.M., Binukumar B., George A., Sreedharan R. Genomic Instability in Exfoliated Buccal Cells among Cement Warehouse Workers. *Int. J. Occup. Environ. Med.*, 2020, vol. 11, no. 1, pp. 33–40. DOI: 10.15171/ijoem.2020.1744
21. Sycheva L.P. Biological value, scoring criteria and limits of a variation of a full spectrum karyological indexes of exfoliated cells for estimation of human cytogenetic status. *Meditsinskaya genetika*, 2007, vol. 6, no. 11 (65), pp. 3–11 (in Russian).
22. Tolbert P.E., Shy C.M., Allen J.W. Micronuclei and other nuclear anomalies in buccal smears: methods development. *Mutat. Res.*, 1992, vol. 271, no. 1, pp. 69–77. DOI: 10.1016/0165-1161(92)90033-i
23. Gelardi M., Tapaculo M., Cassano M., Besozzi G., Fiorella M.L., Calvario A., Castellano M.A., Cassano P. Epstein-Barr virus induced cellular changes in nasal mucosa. *Virology*, 2006, vol. 3, pp. 6. DOI: 10.1186/1743-422X-3-6
24. Sycheva L.P. Cytogenetic monitoring for assessment of safety of environmental health. *Gigiena i sanitariya*, 2012, vol. 91, no. 6, pp. 68–72 (in Russian).
25. Deryugina A.V., Ivashchenko M.N., Ignatiev P.S., Samodelkin A.G., Belov A.A., Gushchin V.A. The evaluation of genotoxic effects in buccal epithelium under disorders of adaption status of organism. *Klinicheskaya laboratornaya diagnostika*, 2018, vol. 63, no. 5, pp. 290–292. DOI: 10.18821/0869-2084-2018-63-5-290-292 (in Russian).

Vlasova N.V., Masyagutova L.M., Abdrakhmanova E.R., Rafikova L.A., Chudnovets G.M. Assessing index of accumulated cytogenetic disorders in workers employed in metallurgy under exposure to adverse occupational factors. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 4, pp. 117–123. DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.11.eng

Получена: 21.09.2022

Одобрена: 08.12.2022

Принята к публикации: 18.12.2022