

промплощадки (требуется осуществление утилизации сернистого ангидрида и пр.).

Из рис. 3 видно, что для данного предприятия точка пересечения кривых  $K_1$  и  $K_2$  (равных капитальных затрат по 900 млн руб.), соответствующая ширине СЗЗ 270 м с суммарными капитальными затратами 1800 млн руб., смещена от точки оптимума на 80 м (350–270).

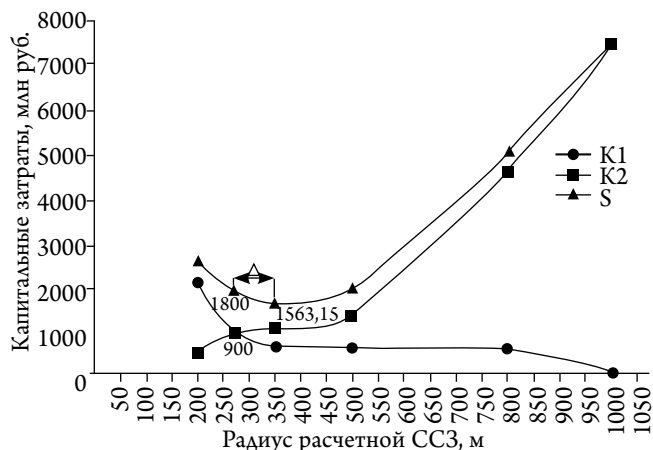


Рис 3. Определение оптимальных затрат на организацию СЗЗ ОАО «Электроцинк»

**Заключение.** Данный способ минимизации капитальных затрат, не претендует на универсальность для всех предприятий, а рекомендуется, в основном, для крупных предприятий, расположенных в близости жилой застройки, либо садово-огородных товариществ, там, где возможно определить стоимостные показатели по выносу жилья и внедрению воздухоохраных мероприятий при их вариантном рассмотрении.

УДК 613.6.027:613.634

П.В. Серебряков<sup>1</sup>, О.И. Карташев<sup>2</sup>, И.Н. Федина<sup>1</sup>

### КЛИНИКО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ ПРОИЗВОДСТВА МЕДИ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

<sup>1</sup> ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 2, Мытищи, Московская обл., Россия, 141014

<sup>2</sup> МБУЗ Городская поликлиника №1, ул. Талнахская, 76, Норильск, Россия, 663318

Работа посвящена выявлению функциональных и клинико-лабораторных маркеров нарушений здоровья работников основных производств предприятия по обогащению меди, использующихся с целью ранней диагностики и профилактики патологии органов дыхания.

**Ключевые слова:** производство меди, заболевания органов дыхания, ранняя диагностика, профилактика.

P.V. Serebryakov<sup>1</sup>, O.I. Kartashev<sup>2</sup>, I.N. Fedina<sup>1</sup>. **Clinical and hygienic evaluation of health state of copper production workers in Far North**

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проект обоснования расчетной (предварительной) санитарно-защитной зоны ОАО «Электроцинк». — Верхняя Пышма: ООО «УГМК-Холдинг», 2009.
2. «Рекомендации по разработке проектов санитарно-защитных зон промышленных предприятий, групп предприятий». Научно-исследовательский и проектный институт генплана. — М.: Изд-во РЭФИА, 1998.
3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 (с изменениями СанПиН 2.2.1/2.1.1.–2361–08) «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

### REFERENCES

1. Project of substantiation for estimated (preliminary) sanitary protective zone OAO «Electrozinс». — Verhnyaya Pyshma: OOO «UGMK-Holding», 2009 (in Russian).
2. Recommendations on development of sanitary protective zones projects for industrial enterprises, enterprise groups. Research and project institute of Moscow Genplan. — Moscow: Izd. REFIA, 1998 (in Russian).
3. SanPiN 2.2.1/2.1.1.1200–03 (with changes SanPiN 2.2.1/2.1.1.–2361–08) «Sanitary protective zones and sanitary classification of enterprises, constructions and other objects» (in Russian).

Поступила 08.12.2015

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Рапопорт Олег Аронович (Rapoport O.A.);  
нач. отд. экол. нормирования. E-mail: o. rapoport@ugmk.ru.  
Рудой Григорий Николаевич (Rudoі G.N.);  
дир. по горному пр-ву ООО «УГМК-Холдинг», канд. техн. наук. E-mail: luea@ugmk.com.  
Копылов Игорь Дмитриевич (Kopylov I.D.);  
нач. упр экологич безопасности. E-mail: i. kopylov@ugmk.com.

<sup>1</sup>F.F. Erisman Federal Research Center of Hygiene, ul. Semashko, d. 2, Mytishchi, Moskovskaya obl., Russia, 141014

<sup>2</sup>City polyclinic №1, ul. Talnakhsкая 76, Norilsk, Russia, 663318

The article covers disclosure of functional and clinical, laboratory markers of health disorders among workers engaged in major occupations of copper processing enterprise. These markers are used for early diagnosis and prevention of respiratory diseases.

**Key words:** *copper production, respiratory diseases, early diagnosis, prevention.*

На предприятиях цветной металлургии, обеспечивающих весомую долю в формировании валового внутреннего продукта, условия труда работников продолжают оставаться неблагоприятными. Особенности технологических процессов в цветной металлургии не позволяют полностью исключить вредное воздействие производственных факторов на организм работников. Снижение влияния факторов рабочей среды, усугубляющих течение соматической патологии, повышение адаптационных возможностей, оптимизация и исключение эмпирического подхода к планированию профилактических мероприятий особенно важны для работающих в условиях Крайнего Севера [1–4].

**Цель исследования:** выявление функциональных и клинико-лабораторных маркеров нарушений здоровья работников основных производств предприятия по обогащению меди.

**Материалы и методы.** Проведено обследование 179 работников Медного завода ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель»: 89 работников плавильного цеха (ПЦ), 63 работников цеха электролиза меди (ЦЭМ) и 27 работников цеха обеспечения основного производства (ЦООП). Возраст обследованных варьировался в пределах от 30 до 65 лет, в среднем 45,3±8,2 года и достоверно не отличался по цехам, составляя от 43,9±9,2 года в ЦООП до 46,8±7,3 года в ЦЭМ.

Гигиеническая оценка факторов рабочей среды и трудового процесса проведена на основе анализа и обобщения данных аттестации рабочих мест ведомственной лаборатории ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель», санитарно-гигиенических характеристик, составленных Территориальным отделом Роспотребнадзора в г. Норильске.

Для определения аэрогенной нагрузки использована формула (Р. 2.2.2006–05):

$$ПН = K \times N \times T \times Q,$$

где: ПН — пылевая нагрузка, К — фактическая средняя концентрация пыли в зоне дыхания работника, мг/м<sup>3</sup>; N — число рабочих смен, отработанных в календарном году в условиях воздействия аэрозолей преимущественно фиброгенного действия (АПФД); T — количество лет контакта с АПФД; Q — объем легочной вентиляции за смену, м<sup>3</sup>.

Флюорография проведена на малодозовом цифровом сканирующем флюорографе PraScan-7000 (пр-во «Рентгенпром», Россия). Исследование функции внешнего дыхания (ФВД) проведено на отечественном автоматизированном компьютерном комплексе АКИВД-2 по программе RDC-Рнеума. Показатели периферической крови (гемоглобина, эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов), оценивались методом электронно-импульсного подсчета кровяных клеток с помощью гематологического анализатора ВТ-2100.

Активность свободно-радикального (перекисного) окисления липидов (ПОЛ) оценивалась с помощью опре-

деления содержания малонового диальдегида (МДА) в сыворотке крови спектрофотометрическим методом. Исследование системы антиоксидантной защиты проводили путем определения содержания: церулоплазмина (ЦП) в сыворотке крови модифицированным колориметрическим методом Ревина; активности каталазы (КАТ) по методу Аebi (в модификации М.А. Королюк с соавт., 1988), активности супероксиддисмутазы (СОД) спектрофотометрическим методом.

**Результаты исследований.** На Медном заводе наиболее неблагоприятные условия труда по уровням запыленности и загазованности регистрируются в плавильном цехе (ПЦ). Среднесменные концентрации металлургической пыли, обладающей фиброгенным действием, достигают 1,7–2,9 ПДК на рабочих местах электрогазосварщиков, шлаковщиков и разлильщиков металлов, до 24 ПДК на рабочем месте машинистов кранов и до 52 ПДК на рабочем месте плавильщиков. Содержание диоксида серы и металлического никеля на рабочих местах конвертерщиков, машинистов кранов и плавильщиков превышает предельно допустимые уровни в 20–60 раз. Значительные физические нагрузки, шум, превышающий предельно допустимые уровни, неблагоприятный микроклимат и интенсивное инфракрасное излучение усугубляют негативное влияние аэрогенных нагрузок на рабочих плавильного цеха.

Приоритетным фактором аэрогенной нагрузки в цехе электролиза меди (ЦЭМ), является гидроаэрозоль никеля, присутствующий в воздухе рабочей зоны в концентрациях, превышающих предельно допустимые от 2 до 6,6 раза. Концентрации гидроаэрозоля меди и паров серной кислоты в воздухе производственных помещений электролизного цеха практически не превышали предельно допустимых уровней. Работники цеха обеспечения основного производства (ЦООП) работают преимущественно вне помещений основных цехов, контакт с неблагоприятными факторами производств носит непостоянный и кратковременный характер.

Анализ результатов флюорографии выявил более выраженные изменения у рабочих ПЦ в виде нарастания по мере увеличения стажа частоты встречаемости признаков усиленного легочного рисунка, тяжести корней и плевральных наслоений. У рабочих ЦЭМ при большем стаже так же отмечался прирост частоты случаев реакции прикорневых лимфоузлов.

Показатели ФВД по мере увеличения стажа более достоверно снижались у рабочих плавильного цеха. Рост кратности превышения предельной стажевой аэрогенной нагрузки металлургической пылью и диоксидом серы сопровождался линейным снижением объемных ( $R^2_{ЖЕЛ}$  соответственно 0,91 и 0,64), и скоростных ( $R^2$  от 0,7 до 0,92) показателей функции внешнего дыхания. Аэрогенная нагрузка металлическим никелем коррелировала со снижением преимущественно скоростных показателей ( $R^2_{ОФВ1}=0,84$ ,  $R^2_{МОС25}=0,8$ ,  $R^2_{МОС75}=0,95$ ). У рабочих

электролизного цеха по мере увеличения кратности превышения предельной стажевой аэрогенной нагрузки гидроаэрозолем никеля отмечено снижение скоростных показателей ФВД ( $R^2_{\text{ФВ1}}=0,77$ ,  $R^2_{\text{МОС25}}=0,91$ ,  $R^2_{\text{МОС75}}=0,73$ ). Пары серной кислоты, присутствующие в воздухе рабочей зоны цеха электролиза, также способствовали формированию рестриктивных ( $R^2_{\text{ЖЕЛ}}=0,68$ ) и обструктивных нарушений ( $R^2_{\text{МОС50}}=0,67$ ).

Оценка активности перекисного окисления липидов у обследованных по содержанию малонового диальдегида (МДА) выявила повышенные средние уровни у рабочих плавильного цеха и цеха электролиза меди уже при стаже работы до 15 лет. Отмечена тенденция к росту частоты показателей, превышающих референтные значения по МДА, более выраженная у рабочих плавильного цеха.

Повышение активности перекисного окисления липидов происходит на фоне снижения антиоксидантного потенциала по мере увеличения токсико-пылевой нагрузки, что продемонстрировано в нарастании частоты пониженных уровней содержания церулоплазмينا, снижении активности супероксиддисмутазы ( $\chi^2=8,18$ ) и каталазы ( $\chi^2=8,23$ ), и соответственном уменьшении частоты показателей, превышающих референтные значения.

Корреляционный анализ выявил, что у рабочих плавильного цеха значения скоростных показателей ФВД, демонстрирующих развитие обструктивных нарушений, проявляли среднюю и сильную отрицательную взаимосвязь с содержанием МДА ( $r$  от  $-0,46$  до  $-0,78$ ). У рабочих цеха электролиза меди скоростные показатели проявляли слабую и среднюю взаимосвязь с уровнями МДА ( $r$  от  $-0,21$  до  $-0,46$ ).

Показатели, отражающие состояние антиоксидантной защиты, проявляли положительную связь с показателями вентиляционной функции. При этом у рабочих плавильного цеха содержание церулоплазмينا демонстрировало корреляционную связь умеренной и сильной степени со скоростными показателями ФВД ( $r$  от  $0,33$  до  $0,8$ ), тогда как у рабочих цеха электролиза эта связь была менее тесной ( $r$  от  $0,31$  до  $0,54$ ).

Прирост содержания МДА определялся кратностью превышения предельной стажевой аэрогенной нагрузки по металлургической пыли ( $R^2=0,9$ ) и диоксиду серы ( $R^2=0,89$ ), что

согласовывалось с выявленной линейной зависимостью снижения активности каталазы ( $R^2$  соответственно  $0,62$  и  $0,76$ ).

Повышение аэрогенной нагрузки металлургической пылью и никелем сопровождалось снижением содержания IgA ( $R^2$  соответственно  $0,81$  и  $0,51$ ), Содержание IgM по мере увеличения аэрогенной нагрузки никелем снижалось, что с высокой степенью достоверности аппроксимировалось линейным трендом ( $R^2=0,86$ ). Выявлена описываемая полиномиальным трендом 2-го порядка зависимость содержания IgG от кратности превышения аэрогенной нагрузки диоксидом серы в виде первоначального прироста с последующим снижением ( $R^2=0,88$ ). У рабочих ЦЭМ отмечено нарастание уровней эозинофилов в периферической крови, линейно зависящее от кратности превышения предельной стажевой аэрогенной нагрузки гидроаэрозолем никеля ( $R^2=0,88$ ). Несмотря на то, что уровни эозинофилов у обследованных находились в пределах референтных значений, их прирост объясним сенсibiliзирующим эффектом никеля.

Динамика содержания лимфоцитов периферической крови ( $R^2=0,99$ ), уровней  $\gamma$ -глобулинов ( $R^2=0,98$ ), IgM ( $R^2=0,83$ ) и IgG ( $R^2=0,97$ ) у рабочих ЦЭМ, описываемая полиномиальными трендами 2-го порядка, свидетельствовала, что при достижении уровня 3–4-кратного превышения предельно допустимой стажевой аэрогенной нагрузки гидроаэрозолем никеля происходит смена иммуномодулирующего влияния на иммуносупрессивное. При этом согласованно затрагивались клеточные и гуморальные компоненты иммунитета. Дополнительным аргументом, свидетельствующим о тенденции к иммуносупрессии, развивающейся при воздействии гидроаэрозоля никеля, была линейная динамика снижения сывороточного IgA ( $R^2=0,68$ ) (табл.).

Полученные данные дали основание установить, что более агрессивные аэрозоли, образующиеся при пирометаллургических технологиях (плавильный цех), оказывают непосредственное повреждающее влияние на респираторный тракт, приводя к дисбалансу системы ПОЛ-АОЗ, иммунодепрессии, увеличению частоты дезадаптационных реакций с вовлечением в патологический процесс легочной паренхимы и формированием вентиляционных нарушений смешанного типа.

Таблица

**Взаимосвязь функциональных и клинико-лабораторных показателей с условиями труда**

Условия труда	Функциональные и клинико-лабораторные изменения				
Пирометаллургия	Формирование вентиляционных нарушений смешанного обструктивно-рестриктивного характера ( $R^2_{\text{ЖЕЛ}}$ до $0,91$ , $R^2_{\text{ФВ1}}$ до $0,92$ , $R^2_{\text{МОС25}}$ до $0,87$ , $R^2_{\text{МОС75}}$ до $0,95$ )				
	Повреждение легочной паренхимы		↑ усиление легочного рисунка ↑ тяжесть корней ↑ плевральные наслоения		
	Дисбаланс ПОЛ-АОЗ		Изменения гуморального иммунитета		
	↑ МДА ( $R^2$ до $0,9$ )	↓ КАТ ( $R^2$ до $0,76$ )	↑ IgG ( $R^2=0,88$ )	↑↓ IgM ( $R^2=0,86$ )	↓ IgA ( $R^2$ до $0,81$ )
Гидрометаллургия	Формирование вентиляционных нарушений преимущественно обструктивного характера ( $R^2_{\text{ФВ1}}=0,77$ , $R^2_{\text{МОС25}}=0,78$ , $R^2_{\text{МОС50}}$ до $0,91$ , $R^2_{\text{МОС75}}=0,73$ )				
	Изменения иммунитета				
	гуморального		клеточного		
	↑↓ $\gamma$ -глобулинов ( $R^2=0,98$ )		↑↓ лимфоцитов ( $R^2=0,99$ )	↑ эозинофилов ( $R^2=0,88$ )	
	↑↓ IgG ( $R^2=0,97$ )	↑↓ IgM ( $R^2=0,83$ )	↓ IgA ( $R^2=0,68$ )		

Аэрогенная нагрузка на организм работников при гидрометаллургических технологиях (цех электролиза), в первую очередь, реализуется в виде динамики показателей, отражающих состояние клеточного и гуморального иммунитета, и преимущественным формированием obstructивных вентиляционных нарушений.

**Выводы.** Проведенные исследования послужили основой для оптимизации профилактики нарушений здоровья работников предприятия цветной металлургии в условиях Крайнего Севера: 1. Инженерно-технические и санитарно-гигиенические мероприятия по первичной профилактике следует направить на снижение интенсивности воздействия вредных факторов производственной среды и их контроль, персонализировать учет индивидуальной аэрогенной нагрузки с определением безопасных диапазонов воздействия. 2. Медико-профилактические мероприятия по совершенствованию системы медицинских осмотров производить за счет расширения диагностических методик, использовать наряду с регламентированными дополнительные обследования с учетом конкретных условий труда. 3. Планировать лечебно-реабилитационные мероприятия по повышению адаптационных возможностей организма работающих с использованием антиоксидантов, неспецифических иммуномодуляторов и адаптогенов. 4. Предложить социально-профилактические мероприятия по созданию нормативно-социальной базы, обеспечивающей возможность продолжения трудовой деятельности в безопасных условиях на основе добровольной альтернативы. Внедрение социальных программ, поощряющих соблюдение принципов здорового образа жизни.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Поплавских С.Ю. Оценка содержания пыли и токсических веществ в воздухе рабочей зоны основных профессий при гидрометаллургическом производстве меди // Уральский мед. ж-л. — 2011. — №9. — С. 13–15.
2. Адриановский В.И., Липатов Г.Я., Самылкин А.А., Наричина Ю.Н., Решетова С.В. Анализ результатов периодических медицинских осмотров рабочих, занятых в огневом и электролитическом рафинировании меди // Фундаментальные исследования. — 2010. — №7. — С. 7–12.
3. Рослый О.Ф., Лихачева Е.И., Тартаковская Л.Я., Федорук А.А., Ремизов Ю.А., Рослая Н.А., Герасименко Т.И., Слышкина Т.В., Фомин И.Н., Базарова Е.Л., Коробейникова И.В. Приоритетные вопросы медицины труда в производстве и обработке

сплавов цветных металлов // Мед. труда и пром. эколог. — 2004. — №9. — С. 23–26.

4. Рукавишников В.С., Шаяхметов С.Ф., Панков В.А., Кольчева И.В. Здоровье работающих в горнодобывающей промышленности Сибири и Крайнего Севера // Мед. труда и пром. эколог. — 2004. — №6. — С. 6–10.

#### REFERENCES

1. Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Poplavskikh S.Yu. Evaluation of dust and toxic chemicals content of the workplace air for main occupations of hydrometallurgic copper production. // Ural'skiy med. zhurnal. — 2011. — 9. — P. 13–15 (in Russian).
2. Adrianovskiy V.I., Lipatov G.Ya., Samylkin A.A., Naritsyna Yu.N., Reshetova S.V. Analysing results of periodic medical examinations of workers engaged into fir and electrolyte refinement of copper. // Fundamental'nye issledovaniya. — 2010. — 7. — P. 7–12 (in Russian).
3. Roslyy O.F., Likhacheva E.I., Tartakovskaya L.Ya., Fedoruk A.A., Remizov Yu.A., Roslaya N.A., Gerasimenko T.I., Slyshkina T.V., Fomin I.N., Bazarova E.L., Korobeynikova I.V. Priority topics of occupational medicine in production and processing of nonferrous metals alloys. // Industr. med. — 2004. — 9. — P. 23–26 (in Russian).
4. Rukavishnikov V.S., Shayakhmetov S.F., Pankov V.A., Kolycheva I.V. Health of workers engaged into mining industry of Siberia and Far North. // Industr. med. — 2004. — 6. — P. 6–10 (in Russian).

Поступила 08.12.2015

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Серебряков Павел Валентинович (Serebryakov P.V.);  
зав. тер. отд. Института общей и профессиональной патологии ФБУН «ФНЦ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, д-р мед. наук, проф. E-mail: drsilver@yandex.ru.
- Карташев Олег Иванович (Kartashev O.I.);  
профпатолог МБУЗ Городская п-ка №1, канд. мед. наук. E-mail: gp1priem@yandex.ru.
- Федина Ирина Николаевна (Fedina I.N.);  
рук. отд. координации и анализа НИР ФБУН «ФНЦ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, д-р мед. наук, проф. E-mail: infed@yandex.ru.