

Анализ средних значений прироста диаметра плечевой артерии в пробе эндотелийзависимой вазодилатации в стажевых подгруппах показал, что в группе сравнения среднее значение этого показателя существенно не менялось с увеличением стажа работы. Прирост диаметра плечевой артерии в группе сравнения составлял $12,5 \pm 8,09\%$ при стаже 0–5 лет до $13,22 \pm 3,17\%$ при стаже более 15 лет. В группе наблюдения при стаже 0–5 лет он составил $5,32 \pm 3,19\%$, при стаже более 15 лет – $4,69 \pm 2,49\%$ ($p = 0,000–0,012$).

Коэффициент чувствительности эндотелия при стаже работы 5–10 лет в группе наблюдения составил $0,049 \pm 0,037$ усл.ед. против $0,388 \pm 0,357$ усл.ед. в группе сравнения ($p = 0,04$). При стаже более 15 лет коэффициент чувствительности эндотелия в группе наблюдения составил $0,033 \pm 0,019$ усл.ед. против $0,209 \pm 0,101$ усл.ед. в группе сравнения ($p = 0,001$).

Следует отметить, что более глубокие нарушения функции эндотелия, проявляющиеся отсутствием прироста диаметра артерии и парадоксальной вазоспастической реакцией, выявлялись только у работников группы наблюдения.

Выводы

1. У работников титаномагниевого производства, подвергающихся профессиональной экспозиции комплексом химических (хлор, гидрохлорид, диоксид серы) и физических (производственный шум, тяжесть труда) факторов, развитие АГ является преимущественно обусловленным при стаже более 15 лет.

2. Особенностью АГ у работников титаномагниевого производства являются более глубокие нарушения функции эндотелия, которые можно определить по результатам ультразвуковой оценки вазомоторной функции эндотелия плечевой артерии в виде низкого прироста диаметра артерии и парадоксальной вазоспастической реакции.

3. Определение ультразвуковых маркеров вазомоторной дисфункции эндотелия плечевой артерии у стажированных работников позволяет диагностировать риск развития данной производственно обусловленной патологии на доклинической стадии.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература (п.п. 3, 6–9 см. References)

1. Измеров И.Ф., ред. *Профессиональная патология: национальное руководство*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2011.
2. Малюткина Н.Н., Тараненко Л.А., Толкач А.С., Невзорова М.С. Взаимосвязь факторов риска преморбидной патологии и предикторов дисфункции эндотелия в группе работников локомотивного депо. *Анализ риска здоровью*. 2015; (4): 73–8.
4. Шляпников Д.М., Костарев В.Г. Оценка и прогноз профессионального риска у работников предприятия цветной металлургии. *Медицина труда и промышленная экология*. 2014; (12): 16–8.
5. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Землянова М.А. Медико-профилактические технологии управления риском нарушений здоровья, ассоциированных с воздействием факторов среды обитания. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(2): 109–13.

References

1. Izmerov I.F., ed. *Work-Related Pathology: National Guide [Professional'naya patologiya: natsional'noe rukovodstvo]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2011. (in Russian)
2. Maluyutina N.N., Taranenko L.A., Tolkach A.S., Nevzorova M.S. Interaction between risk factors of premorbid pathologies and dysfunction predictors of endothelial of a locomotive depot's group of workers. *Analiz riska zdorov'yu*. 2015; (4): 73–8. (in Russian)
3. Kristensen T.S. Cardiovascular diseases and the work environment. A critical review of the epidemiologic literature on nonchemical factors. *Scand. J. Work Environ. Health*. 1989; 15(3): 165–79.
4. Shlyapnikov D.M., Kostarev V.G. Evaluation and prognosis of occupational risk in workers of nonferrous metallurgy enterprises. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2014; (12): 16–8. (in Russian)
5. Zaytseva N.V., Ustinova O.Yu., Zemlyanova M.A. Medical and preventive technologies of the management of the risk of health disorders associated with exposure to adverse environmental factors. *Gigiena i sanitariya*. 2015; 94(2): 109–13. (in Russian)
6. Brook R.D., Franklin B., Cascio W., Hong Y., Howard G., Lipsett M. et al. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*. 2004; 109(21): 2655–71.
7. Meo S.A., Suraya F. Effect of environmental air pollution on cardiovascular diseases. *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci*. 2015; 19(24): 4890–7.
8. Yonggang L., Goodson J.M., Zhang B., Chin M.T. Air pollution and adverse cardiac remodeling: clinical effects and basic mechanisms. *Front. Physiol*. 2015; 6: 162.
9. Patel S., Celermajer D.S. Assessment of vascular disease using arterial flow mediated dilatation. *Pharmacol. Rep*. 2006; 58(Suppl.): 3–7.

Поступила 19.09.16

Принята к печати 07.11.16

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 613.6:616.12-008.331.1-084]:622

Шляпников Д.М.¹, Шур П.З.^{1,2}, Алексеев В.Б.^{1,2}, Власова Е.М.¹, Носов А.Е.¹, Лебедева Т.М.³

ПЛАНИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРОФИЛАКТИКЕ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ У РАБОТНИКОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ ПО КРИТЕРИЯМ РИСКА ЗДОРОВЬЮ

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, Пермь;

²ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» 614990, Пермь;

³ГБОУ ВПО «Пермский государственный медицинский университет им. Е.А. Вагнера», 614990, Пермь

Для работников предприятия по добыче калийных солей при выполнении подземных горных работ установлен комплекс показателей, характеризующих механизм развития артериальной гипертензии (АГ), связанной с высокими уровнями производственного шума: высокий индекс атерогенности (RR 1,69, 95% CI 1,32–2,15; EF 40,70%, $p = 0,001$), повышение уровня малонового диальдегида (RR1,86, 95% CI 1,50–2,31; EF 46,32%, $p = 0,0001$), истощение ресурсов антиоксидантной системы (RR 1,82, 95% CI 1,18–2,81; EF 45,06%, $p = 0,001$), снижение содержания липопротеидов высокой плотности (RR 1,39, 95% CI 1,15–1,67, $p < 0,0001$) – степень связи указанных отклонений с работой – средняя; повышение толщины комплекса интима–медиа сонных артерий (RR 3,38, EF 70,45%, $p < 0,001$) – степень связи с работой очень высокая. По результатам клинико-лабораторных исследований установлена стажевая детерминация ухудшения функции эндотелия сосудов и дан прогноз нарастания со стажем вероятности отклонения лабораторных показателей, отражающих механизм формирования АГ. На основании проведенных исследований разработаны рекомендации для формирования континентов риска формирования АГ с учетом критериев стажевой нагрузки и уровня показателей, характеризующих механизм развития АГ, для проведения медико-профилактических мероприятий. Оценка эффекта программы медико-профилактических мер, направ-

ленных на предотвращение развития АГ, показала, что после ее реализации вероятность развития АГ у контингента риска снизилась в 1,52–2,02 раза, уровень риска здоровью снизился до величины, приемлемой для профессиональных групп.

Ключевые слова: артериальная гипертензия; механизм формирования; риск для здоровья; медико-профилактические мероприятия.

Для цитирования: Шляпников Д.М., Шур П.З., Алексеев В.Б., Власова Е.М., Носов А.Е., Лебедева Т.М. Планирование и оценка эффекта мероприятий по профилактике артериальной гипертензии у работников при выполнении подземных горных работ по критериям риска здоровью. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(1): 65–70. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-65-70>

Shlyapnikov D.M.¹, Shur P.Z.^{1,2}, Alekseev V.B.^{1,2}, Vlasova E.M.¹, Nosov A.E.¹, Lebedeva T.M.³

PLANNING AND EVALUATION OF THE EFFECT OF MEASURES FOR PREVENTION HYPERTENSION IN EMPLOYEE, WHEN PERFORMING UNDERGROUND MINING CRITERIA FOR HEALTH RISK

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614015, Russian Federation;

²Perm State University, Perm, 614990, Russian Federation;

³E.A. Vagner Perm State Medical University, Perm, 614990, Russian Federation

For workers of the enterprise for the extraction of potash, employed in underground mining, there was established a set of indices characterizing the mechanism of the development of arterial hypertension (AH) associated with high levels of industrial noise: high atherogenic index (RR = 1.69, 95% CI: 1.32-2.15; EF = 40.70%, p = 0.001), increased levels of MDA (RR = 1.86, 95% CI: 1.50-2.31; EF = 46.32%, p = 0.0001), depletion of the antioxidant system resources (RR = 1.82, 95% CI: 1.18-2.81; EF = 45.06%, p = 0.001), reduced levels of HDL cholesterol (RR = 1.39, 95% CI: 1.15-1.67, p < 0.0001), the degree of association of these abnormalities with the work - average and the increase in the average thickness of the complex "intima-media" (CIM) (RR = 3.38, etiological fraction (EF) = 70.45%, p < 0.001), the degree of the relationship with the work is very high. According to results of clinical and laboratory research there was established experienced determination of the disorder of vascular endothelial function and there was given the forecast for the increase in the experienced probability for laboratory abnormalities reflecting the mechanism of hypertension. Based on the studies for medical and preventive measures there were developed recommendations for the formation of contingent risk of the formation of hypertension according to criteria of experienced load and level indices characterizing the mechanism of hypertension. The evaluation of the effect of health prevention programs aimed at preventing the development of hypertension, showed that after its implementation, the likelihood of the development of hypertension in contingent at risk declined by 1.52-2.02 times, the level of health risk decreased to a value acceptable to occupational groups.

Key words: arterial hypertension; formation mechanism; health risk; medical and preventive measures.

For citation: Shlyapnikov D.M., Shur P.Z., Alekseev V.B., Vlasova E.M., Nosov A.E., Lebedeva T.M. Planning and evaluation of the effect of measures for prevention hypertension in employee, when performing underground mining criteria for health risk. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2017; 96(1): 65-70. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-1-65-70>

For correspondence: Dmitriy M. Shlyapnikov, MD, PhD, Head of health risk analysis department of Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614015, Russian Federation. E-mail: shlyapnikov@fcrisk.ru

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: 19.09.2016

Accepted: 07.11.2016

Введение

Сердечно-сосудистая система здоровых работников устойчива к повреждающему воздействию вредных факторов, встречающихся на производстве. Однако влияние вредных факторов производственного процесса может вызывать развитие функциональных нарушений системы кровообращения, приводящих к артериальной гипертензии (АГ). Значимость этой проблемы определяется тем, что в соответствии с приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 12 апреля 2011 г. № 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда» заболевания системы кровообращения (в первую очередь, АГ) даже в стадии компенсации являются противопоказанием к выполнению подземных работ. Это диктует необходимость выявления работников с донозологическими

клинико-лабораторными признаками начальной стадии АГ для применения программ профилактических мер, направленных на снижение риска развития заболеваний.

Воздействие вредных производственных факторов может вызывать формирование дополнительных патогенетических звеньев в механизме развития негативных эффектов [1]. Наблюдения свидетельствуют, что при воздействии высоких уровней шума развивается ряд механизмов, лежащих в основе нарушений сердечно-сосудистой системы, которые среди прочих включают в себя дислипидемию [2]. Дополнительные элементы патогенетического воздействия шума (выше 85 дБА) включают нарушение нейроэндокринной регуляции [3], свободнорадикальное окисление [2]. Окислительный стресс оказывает вредное воздействие на сосудистую функцию путем интенсификации процесса перекисного окисления липидов (ПОЛ), что приводит к угнетению выработки оксида азота [4] и в конечном итоге к повышению уровня гомоцистеина [2, 5]. Также в результате ПОЛ образуются модифицированные (окисленные) липопротеины, которые вызывают повреждение сосудистого эндотелия. В настоящее время большинством авторов эндотелиальная дисфункция признается основным предиктором сердечно-сосудистых заболеваний [4, 6, 7] и рассматривается как ранний признак сосудистого поражения при АГ.

Целесообразно рассмотреть гипотезу, что для работников, занятых на выполнении подземных горных работ предприятия по добыче калийных солей, предполагаемый механизм формирования АГ включает развитие негативных эффектов, связан-

Для корреспонденции: Шляпников Дмитрий Михайлович, зав. отд. анализа рисков для здоровья населения, ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, Пермь. E-mail: shlyapnikov@fcrisk.ru

ных с оксидативным стрессом, дислипидемией, нарушением регуляции сосудистого тонуса и функции эндотелия сосудов. Формирование профилактических мероприятий, направленных на патогенетические звенья в механизме развития заболевания, позволит снизить риск развития заболевания.

Цель исследования – обоснование и реализация подходов к планированию и оценке эффекта мероприятий по профилактике АГ у работников при выполнении подземных горных работ по критериям риска здоровью с использованием результатов клинико-лабораторных и эпидемиологических исследований.

Материал и методы

Выполняли обследование состояния здоровья 192 работников (все мужчины), разделенных на 2 группы: группу наблюдения – 139 работников, занятых на выполнении подземных горных работ, в условиях превышения гигиенических нормативов шума (основная профессия – машинист горных выемочных машин, средний возраст $36,6 \pm 1,0$ год, средний стаж работы в подземных условиях $7,3 \pm 0,9$ года) и группу сравнения – 53 работника, занятых профессиональной деятельностью на поверхности в условиях воздействия шума менее 80 дБА (средний возраст – $38,2 \pm 2,7$ года, средний стаж – $5,8 \pm 1,9$ года). Выполнено анкетирование работников для оценки сопоставимости по распространенности поведенческих факторов риска (в частности, приверженность к табакокурению и злоупотреблению алкоголем), оказывающих влияние на развитие заболеваний системы кровообращения. Обследование работников выполняли с применением комплекса клинических методов, позволяющих оценить состояние сердечно-сосудистой системы. Выполняли функциональные исследования: вазомоторной функции эндотелия плечевой артерии в пробе эндотелий-зависимой вазодилатации по модифицированной методике D.S. Celermajer и соавт. (1992), состояния экстракраниальных отделов брахиоцефальных артерий (БЦА) по стандартной методике. Изучали показатели крови, определяемые унифицированными общеклиническими, биохимическими методами и позволяющие оценить: активность оксидантных процессов (содержание малонового диальдегида (МДА) в плазме крови), активность антиоксидантной системы (общая антиоксидантная активность сыворотки крови – АОА); регуляцию сосудистого тонуса (гомоцистеин сыворотки крови); состояние липидного обмена (содержание общего холестерина (ОХ), липопротеиды высокой и низкой плотности (ЛПВП и ЛПНП), индекс атерогенности). Выбор показателей для исследования определяли с учетом патогенеза развития заболевания и результатов некоторых исследований по механизму развития [7, 8]. Работники обеих групп были распределены на подгруппы по стажу работы (менее 5 лет, 5,1–10 лет и более 10 лет) для оценки динамики изменений показателей с увеличением стажа работы.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета прикладных программ Статистика 6.0 и Microsoft Excel 2007. Оценку достоверности осуществляли по *t*-критерию Стьюдента. Различия и корреляционные связи считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Оценку степени причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой выполняли в соответствии с Р 2.2.1766–03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» с расчетом показателей относительного риска (RR) и этиологической доли ответов (EF). Для оценки достоверности полученных данных использовали 95% доверительный интервал (CI). Выполняли моделирование изменения риска для профессионально обусловленных нарушений здоровья [9]. Оценку достоверности параметров и адекватности модели выполняли на основании однофакторного дисперсионного анализа по критерию Фишера. В процессе построения модели помимо проверки статистических гипотез проводили экспертизу полученных зависимостей для оценки их биологической адекватности [10].

Оценку риска развития негативных эффектов (*R*) выполняли с учетом вероятности (*p*) и тяжести (*g*) заболевания с использованием формулы $R = pg$. Показатель тяжести формирования заболеваний (в соответствии с МКБ) оценивали в соответствии со шкалой степени тяжести нарушений здоровья [11].

Результаты клинико-лабораторного исследования показателей, характеризующих механизм развития АГ у лиц, занятых на подземных работах с высоким уровнем шума

Показатель	Группа наблюдения	Группа сравнения	Достоверность различий
АОА	$36,18 \pm 1,23$	$39,88 \pm 1,65$	$p < 0,001$
МДА, мкмоль/см ³	$3,52 \pm 0,13$	$2,79 \pm 0,19$	$p < 0,001$
Гидроперекись липидов, мкмоль/дм ³	$393,3 \pm 38,1$	$319,8 \pm 35,2$	$p < 0,001$
ЛПВП, ммоль/дм ³	$1,18 \pm 0,08$	$1,43 \pm 0,10$	$p < 0,0001$
Индекс атерогенности	$3,72 \pm 0,29$	$2,97 \pm 0,28$	$p = 0,001$
Активность гомоцистеина мкмоль/дм ³	$7,85 \pm 0,42$	$7,07 \pm 0,41$	$p = 0,012$
КИМ, мм	$0,68 \pm 0,02$	$0,59 \pm 0,05$	$p < 0,001$

Примечание. КИМ – комплекс интима–медиа.

Результаты и обсуждение

По результатам проведенной на предприятии аттестации рабочих мест по условиям труда работники, занятые на выполнении подземных горных работ, трудятся в условиях экспозиции производственного шума 94 дБА. На рабочих местах работников группы сравнения по результатам аттестации рабочих мест уровень шума не превышал 80 дБА. Для работников группы наблюдения с учетом патогенеза установлены начальные проявления развития АГ, обусловленного воспалением сосудов. Между группами работников по факторам табакокурения и употребления алкогольных напитков не установлено статистически достоверных различий ($p > 0,05$).

В качестве основной гипотезы формирования АГ у работников при выполнении подземных горных работ в условиях экспозиции шума выше нормативного уровня рассматривали формирование патогенетических звеньев в механизме ее развития, таких как дислипидемия, оксидативный стресс, нарушение регуляции сосудистого тонуса и дисфункция эндотелия. Результаты обследования подтвердили формирование этих патогенетических звеньев в механизме развития данного заболевания у исследуемой группы работающих (табл. 1).

В группе наблюдения низкий уровень АОА, интенсификация ПОЛ, высокие уровни МДА у работающих группы наблюдения, пониженный уровень антиатерогенных фракций холестерина, обуславливающий высокий индекс атерогенности, характеризуют начальное звено нарушений функции эндотелия сосудов у работников, подвергающихся воздействию уровней шума выше допустимого уровня. Повышенное содержание гомоцистеина в сыворотке крови оказывает повреждающее действие на внутреннюю стенку сосудов и приводит к разрывам эндотелия, что предшествует их атеросклерозированию. Это подтверждается результатами ультразвукового исследования БЦА: у работников группы наблюдения выявлено достоверно большее утолщение комплекса интима–медиа (КИМ).

Результаты клинико-лабораторных исследований подтвердили гипотезу о формировании в условиях воздействия уровней шума, превышающего нормативное значение, дополнительных звеньев механизма развития АГ. Данное положение необходимо учитывать при обосновании мер по профилактике АГ у лиц, занятых на подземных работах. Индивидуальные показатели, отражающие ранние признаки формирования АГ (оксидативный стресс, дислипидемия и нарушения сосудистой регуляции), могут быть использованы при выборе контингента риска для медико-профилактических программ, направленных на минимизацию риска здоровью работающих, связанного с этим заболеванием.

Установлены закономерности развития этих механизмов при увеличении продолжительности экспозиции. Со стажем увеличивается доля лиц с признаками атеросклероза в виде локального утолщения КИМ (в подгруппе работников до 5 лет 8%, 5,1–10 лет 11,3% и более 10 лет 25%), достоверными раз-

Таблица 2

Степень причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой

Показатель	Отношение рисков (RR)	Доверительный интервал(CI)	Этиологическая доля (EF),%
Индекс атерогенности	1,69	1,32–2,15	40,70
МДА	1,86	1,50–2,31	46,32
АОА	1,82	1,18–2,81	45,06
ЛПВП	1,39	1,15–1,67	33,90
Толщина КИМ	3,38	1,37–4,96	70,45

личиями между работниками со стажем работы 5–10 лет и более 10 лет ($p = 0,001$). С учетом разницы в среднем возрасте между стажевыми подгруппами в группе наблюдения, темп ежегодного прироста толщины КИМ превысил возрастные изменения (величина прироста в год не более 0,0124–0,0138 мм [12]) для работников со стажем более 5 лет составил 0,012 мм в год для работников со стажем менее 5 лет и 0,016 мм в год для работников со стажем более 5 лет. В группе сравнения темп ежегодного прироста толщины КИМ находился в пределах возрастных изменений (0,0045–0,012 мм в год). Выявлена стажевая детерминация ухудшения функции эндотелия сосудов у работников группы наблюдения: между работниками со стажем работы менее 5 лет и более 10 лет – в 5,5 раза ($p = 0,043$); темп ухудшения функции эндотелия после 5 лет работы достигает 0,62% в год, при темпе возрастных изменений у мужчин без факторов риска – до 0,2% в год [13]. В группе сравнения с учетом разницы в среднем возрасте стажевых подгрупп ухудшение функции эндотелия наблюдается в пределах возрастных изменений – 0,033% в год. Данные закономерности свидетельствуют о необходимости учета стажа при формировании контингента для профилактических мероприятий. В этой связи было рекомендовано включать в группу риска работающих на подземных работах в условиях высокого шума не менее 5 лет.

При оценке степени причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой в соответствии с принципами доказательной медицины установлены характеристики риска для показателей, отражающих механизм развития АГ у обследованных работников (табл. 2).

Эти показатели степени причинно-следственной связи позволяют отнести нарушения здоровья, характеризующие установленный механизм развития АГ у работающих на подземных работах в условиях шума, превышающего нормативный уровень, к профессионально обусловленным.

По результатам клинико-лабораторного обследования доля работников с отклонениями лабораторных показателей, отражающих механизм формирования АГ, составила 77%, что соответствует вероятности формирования патогенетических звеньев механизма развития АГ 0,77. По данным эпидемиологического

обследования, в течение последующего года диагноз заболевания артериальной гипертензией установлен у 12% работников с отклонениями лабораторных показателей, отражающих механизм формирования АГ, что соответствует вероятности развития заболевания у этих работников 0,12.

Величина вероятности АГ для всех работников, занятых на выполнении подземных горных работ в условиях воздействия шума на уровне 94 дБА, рассчитанная как произведение вероятности развития отклонений показателей и вероятности развития заболевания, составила 0,092. Уровень индивидуального риска здоровью, определенный с учетом тяжести АГ 0,078 [11], и рассчитанный как произведение вероятности наступления события и тяжести этого события, составил 0,007, что превышает приемлемый уровень риска для здоровья профессиональных групп, принятый в Руководстве по оценке риска, равный $1 \cdot 10^{-3}$ (Р 2.1.10.1920–04).

При отсутствии технических возможностей снижения шумовой экспозиции в качестве мероприятий по управлению риском была предложена программа, направленная на нормализацию выявленных отклонений показателей, отражающих механизм формирования АГ с оценкой изменения риска в результате выполнения мероприятий. Программа, разработанная в Центре медицины труда и профпатологии ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», включала немедикаментозные методы профилактики в условиях здравпункта (физиотерапия, лечебно-физкультурный комплекс (ЛФК), массаж), направленные на повышение резистентности организма и курс медикаментозной терапии по определенной схеме с применением антиоксидантной и антигипоксической терапии с целью нормализации выявленных отклонений. Программу выполняли 62 работника, занятых на выполнении подземных горных работ, с выявленными отклонениями показателей, отражающих механизм формирования АГ: все мужчины, средний возраст – $35,94 \pm 6,63$ года, средний стаж работы $7,23 \pm 6$ лет.

В результате профилактических мероприятий у работников наблюдалось: повышение ЛПВП (с $1,181 \pm 0,076$ до $1,446 \pm 0,179$ ммоль/дм³; $p < 0,001$); снижение индекса атерогенности (с $3,739 \pm 0,297$ до $2,489 \pm 0,051$; $p < 0,001$); умеренно выраженная положительная динамика по нормализации содержания уровня гомоцистеина в крови (уменьшение работников с повышенным уровнем гомоцистеина в крови с 21,8 до 12,3%); снижение доли работников с патологической реакцией плечевой артерии (с 20 работников до 4,76%); достоверное улучшение структурного состояния эндотелия сосудов (уменьшение толщины КИМ с 0,679 до 0,619 мм; $p = 0,041$). По данным математического моделирования было установлено снижение риска развития отклонений лабораторных показателей, отражающих механизм формирования АГ. Величины, характеризующие изменения отклонений лабораторных показателей от уровней экспозиции и времени воздействия (стажа) производственного фактора, приведены в табл. 3.

С целью установления эффекта медико-профилактических мероприятий, направленных на снижение риска АГ при воз-

Таблица 3

Вероятность отклонения лабораторных показателей, отражающих механизм формирования артериальной гипертензии в математической модели зависимости экспозиция – стаж – ответ

Показатель	Стаж работы, лет										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Увеличение толщины КИМ:											
до проведения мероприятий	0,006	0,007	0,009	0,011	0,013	0,016	0,020	0,025	0,030	0,037	0,046
после проведения мероприятий	0,03E-9	0,04E-9	0,05E-9	0,06E-9	0,07E-9	0,09E-9	0,011E-8	0,014E-8	0,017E-8	0,021E-8	0,026E-8
Индекс атерогенности:											
до проведения мероприятий	3,775	3,814	3,854	3,894	3,934	3,974	4,013	4,053	4,093	4,133	4,173
после проведения мероприятий	2,469	2,509	2,548	2,588	2,628	2,668	2,708	2,748	2,788	2,828	2,867
Холестерин ЛПВП:											
до проведения мероприятий	0,919	0,924	0,928	0,932	0,936	0,939	0,943	0,946	0,949	0,952	0,954
после проведения мероприятий	0,455	0,470	0,485	0,501	0,516	0,531	0,546	0,562	0,576	0,591	0,606

действии шума в условиях подземных работ, в течение года наблюдения оценивали показатели риска здоровью в группе сравнения. Группу сравнения составили 60 работников, занятых на выполнении подземных горных работ, с выявленными отклонениями показателей, отражающих механизм формирования АГ, которые не участвовали в программе: все мужчины, средний возраст $36,34 \pm 6,36$ года, средний стаж работы $8,20 \pm 5,54$ года.

В результате эпидемиологических исследований выявлено, что диагноз АГ был установлен только у одного работника из 62, выполнивших профилактическую программу. Соответственно, вероятность развития этого заболевания оценивается как 0,016. В группе работников, которые не выполняли программу, диагноз АГ в течение последующего года был установлен у 12% лиц, занятых на подземных работах. Статистическая достоверность различий уровня заболеваемости работников, в отношении которых были проведены профилактические мероприятия по сравнению с остальным контингентом риска, рассчитанная методом оценки значимости различий средних величин, составляет 0,013. Величина риска для здоровья при работе в условиях воздействия шума после проведения профилактических мер, рассчитанная как произведение вероятности наступления заболевания и тяжести этого заболевания, составила 0,001. Таким образом, после проведения мероприятий по управлению риском для работников, занятых на выполнении подземных горных работ, уровень риска здоровью, связанного с АГ, снизился до приемлемого уровня для профессиональных групп (не более $1 \cdot 10^{-3}$).

Заключение

В результате проведенных клинико-лабораторных и эпидемиологических исследований была получена информация о формировании и реализации риска для здоровья, связанного с АГ у работников занятых на подземных горных работах в условиях высокой экспозиции шума. Эта информация позволила при планировании мероприятий по профилактике АГ по критериям степени формирования звеньев патологического процесса и времени экспозиции (стажа) установить контингент, для которого эти мероприятия необходимы. Результаты исследований, после проведения профилактической программы, выбранной адекватно механизму развития АГ в исследуемых условиях труда, показали эффект профилактических мер как непосредственно после окончания профилактики (по результатам клинико-лабораторных исследований), так и в течение года после реализации программы (по данным эпидемиологического исследования).

Выводы

1. Результаты клинико-лабораторного обследования работников, занятых на выполнении подземных горных работ в условиях экспозиции шума выше нормативного уровня подтвердили гипотезу о формировании таких патогенетических звеньев в механизме развития АГ, как дислипидемия, оксидативный стресс, нарушение регуляции сосудистого тонуса и дисфункция эндотелия. В группе наблюдения установлена достоверно более низкая АОА и высокие уровни МДА и гидроперекиси липидов, достоверно более высокий индекс атерогенности (в 1,3 раза). О нарушении регуляции сосудистого тонуса свидетельствует повышение активности гомоцистеина в сыворотке крови работников группы наблюдения, которое оказывает повреждающее действие на внутреннюю стенку сосудов, что подтверждается выявленным в результате ультразвукового исследования достоверно более значительным утолщением КИМ у работников группы наблюдения.

2. Установлено увеличение со стажем более 5 лет доли лиц с признаками атеросклероза. С учетом разницы в среднем возрасте между стажевыми подгруппами темп ежегодного увеличения КИМ превысил возрастные изменения и составил для работников со стажем более 5 лет 0,016 мм в год, темп ухудшения функции эндотелия после 5 лет работы – 0,62% в год.

3. По критериям причинно-следственной связи нарушений здоровья с работой ($RR > 1,5$, $EF > 33\%$), нарушения, характеризующие установленный механизм развития АГ у работающих на подземных работах в условиях шума, превышающего нормативный уровень, отнесены к профессионально обусловленным.

4. Вероятность формирования патогенетических звеньев механизма развития АГ у работников, занятых на подземных гор-

ных работах в условиях высокой экспозиции шума, составила 0,77. Вероятность развития АГ у работников с дозоэпидемиологическими нарушениями оценивается по результатам эпидемиологических исследований как 0,12. В результате величина риска для здоровья работников, обусловленного АГ с учетом тяжести 0,078, равна $7 \cdot 10^{-3}$, что позволяет ее отнести к уровню риска, неприемлемому даже для профессиональных групп.

5. В результате реализации предложенной медико-профилактической программы, направленной на нормализацию выявленных отклонений показателей, отражающих механизм формирования АГ, установлено снижение риска развития отклонений лабораторных показателей. С учетом данных эпидемиологических исследований риск для здоровья, связанный с условиями труда, снизился до приемлемой величины для профессиональных групп ($1 \cdot 10^{-3}$).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература (п.п. 6, 7 см. References)

1. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., ред. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития: монография. М.-Пермь: Изд-во ПНИПУ; 2014.
2. Шаповалова В.П., Рыжова Т.В., Рыжов В.М. Состояние липидного обмена при воздействии шума и алюминиевой пыли. *Медицина труда и промышленная экология*. 2010; (7): 18–20.
3. Петухов В.А. Эндотелиальная дисфункция: современное состояние вопроса (по материалам симпозиума). *Хирургия. Приложение к журналу Consilium Medicum*. 2008; (1): 3–18.
4. Сучков И.А. Коррекция эндотелиальной дисфункции: современное состояние проблемы (обзор литературы). *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. 2012; (4): 151–7.
5. Гимаева З.Ф., Бакиров А.Б., Бадамшина Г.Г., Каримова Л.К. Показатели липидного спектра сыворотки крови у работников химического производства. *Медицинский вестник Башкортостана*. 2015; 10(4): 44–8.
6. Куранов А.А., Балеев М.С., Митрофанова Н.Н., Мельников В.Л. Некоторые аспекты патогенеза атеросклероза и факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. *Фундаментальные исследования*. 2014; (10-6): 1234–8.
7. Шур П.З., Шляпников Д.М., Алексеев В.Б., Чигвинцев В.М. Перспективы оценки профессионального риска с применением методов моделирования. *Медицина труда и промышленная экология*. 2014; (12): 4–8.
8. Зайцева Н.В., Трусов П.В., Шур П.З., Кирьянов Д.А., Чигвинцев В.М., Цинкер М.Ю. Методические подходы к оценке риска воздействия разнородных факторов среды обитания на здоровье населения на основе эволюционных моделей. *Анализ риска здоровью*. 2013; (1): 15–23.
9. Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З., Трусов П.В., Шевырева М.П., Гончарук Н.Н. Способ определения интегрального допустимого риска отдельных классов и видов продукции для здоровья человека. Патент РФ № 2368322; 2008.
10. Лелюк В.Г., Лелюк С.Э. *Ультразвуковая ангиология*. М.: Реальное время; 2003.
11. Алмазов В.А., Беркович О.А., Ситникова М.Ю., Волкова Е.В., Баженова Е.А., Алугишвили М.З. и др. Ишемическая болезнь сердца. Эндотелиальная дисфункция у больных с дебютом ишемической болезни сердца в разном возрасте. *Кардиология*. 2001; (5): 1–5.

References

1. Onishchenko G.G., Zaytseva N.V., eds. *Health Risk Analysis in the Strategy of State Social and Economical Development: Monograph [Analiz riska zdorov'yu v strategii gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya: monografiya]*. Moscow-Perm': Izd-vo PNIPIU; 2014. (in Russian)
2. Shapovalova V.P., Ryzhova T.V., Ryzhov V.M. Lipid metabolism state under exposure to noise and aluminium dust. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2010; (7): 18–20. (in Russian)
3. Petukhov V.A. Endothelial dysfunction: state of the art (based on the symposium). *Khirurgiya. Prilozhenie k zhurnalu Consilium Medicum*. 2008; (1): 3–18. (in Russian)

4. Suchkov I.A. Correction of endothelial dysfunction: current status of the problem (literature review). *Rossiyskiy mediko-biologicheskiy vestnik imeni akademika I.P. Pavlova*. 2012; (4): 151–7. (in Russian)
5. Gimaeva Z.F., Bakirov A.B., Badamshina G.G., Karimova L.K. Indicators of serum lipid spectrum among workers of chemical industry. *Meditsinskiy Vestnik Bashkortostana*. 2015; 10(4): 44–8. (in Russian)
6. Park S., Lakatta E.G. Role of Inflammation in the Pathogenesis of Arterial Stiffness. *Yonsei Med. J.* 2012; 53(2): 258–61.
7. Steppan J., Barodka V., Berkowitz D.E., Nyhan D. Vascular Stiffness and Increased Pulse Pressure in the Aging Cardiovascular System. *Cardiol. Res. Pract.* 2011; 2011: 263585.
8. Kuranov A.A., Baleev M.S., Mitrofanova N.N., Mel'nikov V.L. Some aspects of the pathogenesis of atherosclerosis and risk factors for cardiovascular disease. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014; (10-6): 1234–8. (in Russian)
9. Shur P.Z., Shlyapnikov D.M., Alekseev V.B., Chigvintsev V.M. Prospects of occupational risk evaluation via modelling methods. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2014; (12): 4–8. (in Russian)
10. Zaytseva N.V., Trusov P.V., Shur P.Z., Kir'yanov D.A., Chigvintsev V.M., Tsinker M.Yu. Methodical approaches to health risk assessment of heterogeneous environmental factors based on evolutionary models. *Analiz riska zdorov'yu*. 2013; (1): 15–23. (in Russian)
11. Zaytseva N.V., May I.V., Shur P.Z., Trusov P.V., Shevyreva M.P., Goncharuk N.N. Method of determining integral permissible risk of separate classes and sorts of products for human health. Patent RF N 2368322; 2008. (in Russian)
12. Lelyuk V.G., Lelyuk S.E. *Ultrasound Angiology [Ul'trazvukovaya angiologiya]*. Moscow: Real'noe vremya; 2003. (in Russian)
13. Almazov V.A., Berkovich O.A., Sitnikova M.Yu., Volkova E.V., Bazhenova E.A., Alugishvili M.Z. et al. Endothelial dysfunction in patients with ischemic heart disease relation to the age of onset symptoms. *Kardiologiya*. 2001; (5): 1–5. (in Russian)

Поступила 19.09.16
Принята к печати 07.11.16

Гигиена детей и подростков

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017

УДК 614.72/.77:572.511-053.2

Лу жецк ий К.П.^{1,2}, Устинова О.Ю.^{1,2}, Вандышева А.Ю.¹, Вековшинина С.А.¹.

НАРУШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ У ДЕТЕЙ, ПРОЖИВАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ НИЗКОУРОВНЕГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ МЕТАЛЛАМИ НА ПРИМЕРЕ ПЕРМСКОГО КРАЯ

¹ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», 614045, Пермь;

²ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», 614990, Пермь

Проведено клинико-лабораторное обследование 183 детей, проживающих в условиях хронического низкоуровневого воздействия комплекса металлов (атмосферный воздух и питьевая вода – свинец, никель, кадмий, марганец, хром), и 46 детей, проживающих в условиях санитарно-гигиенического благополучия среды обитания. Суммарные индексы опасности (ТН) поступления химических веществ с атмосферным воздухом и питьевой водой выявили превышение допустимых значений (ТН > 1) в отношении нарушений у детей со стороны центральной нервной (до 4,93 ТН) и эндокринной (до 1,13 ТН) систем. Результаты химико-аналитических исследований показали, что у детей, проживающих в условиях низкодозовой сочетанной комбинированной нагрузки, содержание в крови свинца, марганца, никеля, кадмия и хрома в 1,3–2,2 раза превышало показатели группы сравнения, а концентрация марганца, никеля и хрома была в 1,5–9,4 раз выше референтного уровня. Установлено, что при хронической многосредовой полиметалльной нагрузке в 1,2–1,6 раз увеличивается число детей с отклонениями в физическом развитии (дефицит массы тела до 16,5%). Установлена статистически достоверная прямая вероятностная причинно-следственная связь нарушений физического развития у детей с повышением содержания в крови марганца, никеля и хрома. Повышенное (в 1,3–9,4 раза относительно референтного уровня и группы сравнения) содержание свинца, марганца, никеля и хрома в биосредах детей оказывает негативное влияние на центральную и вегетативную нервную систему, нарушает белково-синтетические процессы в печени, формирует ранние сдвиги гипоталамо-гипофизарной регуляции с последующим нарушением показателей физического развития.

Ключевые слова: дети; нарушения физического развития; эндокринная патология; питьевая вода; атмосферный воздух; свинец; никель; хром; марганец; кадмий.

Для цитирования: Лу жецк ий К.П., Устинова О.Ю., Вандышева А.Ю., Вековшинина С.А. Нарушения физического развития у детей, проживающих в условиях низкоуровневого загрязнения атмосферного воздуха и питьевой воды металлами на примере Пермского края. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(1): 70-75. DOI: <http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-1-70-75>

Luzhetskiy K.P.^{1,2}, Ustinova O.Yu.^{1,2}, Vandysheva A.Yu.¹, Vekovshinina S.A.¹

THE DISORDERS OF PHYSICAL DEVELOPMENT OF CHILDREN RESIDING IN THE CONDITIONS OF LOW-LEVEL CONTAMINATION OF THE ATMOSPHERIC AIR AND DRINKING WATER BY METALS (LEAD, MANGANESE, NICKEL, CHROME, CADMIUM) ON THE EXAMPLE OF PERM REGION

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, 614015, Russian Federation;

²Perm State National Research University, Perm, 614990, Russian Federation

There was executed a clinical laboratory study of 183 children residing in the conditions of constant low-level impact of a complex of such consumed from atmospheric air and drinking water metals as lead, manganese, nickel, chrome, cadmium) and 46 children residing in the conditions of sanitary-hygienically wellbeing of the habitat. The evaluation of Total Hazard