



УДК 613.6 (571.1/5)

Ефимова Н.В., Рукавишников В.С.

## УСЛОВИЯ ТРУДА И ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ РАБОТАЮЩЕГО НАСЕЛЕНИЯ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 12а м/р, 3, г. Ангарск, РФ, 665827

Специфика экономического и социального развития отдельных территорий Сибирского федерального округа (СФО) привела к формированию четырех кластеров, отличающихся по доле занятых в неблагоприятных условиях труда работников и по уровню обратимых потерь здоровья трудоспособного населения. Доля лиц, работающих в неблагоприятных условиях микроклимата, загазованности, вибрации, шума в 4-м кластере (Кемеровская область), выше, чем в прочих кластерах в 1,5–2 раза. Выявлены ведущие негативные факторы для работающих СФО: акустический фактор, тяжесть труда, напряженность труда, освещенность, загазованность. Структура профессиональной патологии ассоциирована с ведущими факторами.

**Ключевые слова:** *работающее население; условия труда; профессиональная патология; заболеваемость с утратой трудоспособности; кластерный анализ*

Efimova N.V., Rukavishnikov V.S. **Work conditions and morbidity of working population in Siberian Federal District.** East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3, 12a m/d, Angarsk, Russian Federation, 665827

Features of economic and social development of certain territories in Siberian Federal District caused formation of four clusters varying in shares of workers exposed to occupational hazards and in levels of reversible health losses among able-bodied population. Share of workers exposed to hazardous microclimate, gas contamination, vibration, noise in cluster 4 (Kemerovo region) is 1.5–2 times higher than in other clusters. Leading negative factors for workers in Siberian Federal District are: acoustic factor, work hardiness, work intensity, illumination, gas contamination. Occupational diseases structure is associated with the leading factors.

**Key words:** *working population; work conditions; occupational diseases; morbidity with disablement; cluster analysis*

В «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года» в число ведущих стратегических рисков и угроз национальной безопасности в долгосрочной перспективе включен недостаток трудовых ресурсов, что существенно ограничивает перспективы экономического роста страны. Следует отметить, что проблемы снижения трудового потенциала страны в целом и в отдельных регионах наряду

с прочими признаками медико-демографического кризиса были зарегистрированы еще в 90-е годы прошлого столетия, однако по-прежнему являются актуальными [1,5,6]. Более трети трудоспособного населения страны работает в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям [12]. В связи с указанным, сохранение и укрепление здоровья трудоспособного населения относится к приоритетным

задачам социально-экономического развития Российской Федерации. Неудовлетворительные условия труда могут служить ведущей причиной возникновения и развития профессиональных и производственно обусловленных заболеваний, роста общей соматической заболеваемости, в том числе с временной утратой трудоспособности (ВУТ) работников в различных отраслях экономики и бюджетной сфере [3,8,11,14]. Особенно значимыми являются проблемы сохранения здоровья работающего населения в суровых условиях Сибири и Севера [8,14]. Для обоснования конкретных мер общей стратегии и тактических решений по сохранению здоровья населения отдельных территорий при общности целей и задач для отдельных микро- и макрорегионов должны учитываться сложившиеся неравенства и их причины, но по мнению Г.Г. Онищенко и соавторов, здесь не требуется избыточная детализация и индивидуализация [7].

**Цель исследования** — дать оценку условий труда и здоровья трудоспособного населения Сибири на уровне субъектов РФ.

**Материалы и методы.** Источником информации служили размещенные на сайте Росстата бюллетени «Состояние условий труда работников, осуществляющих деятельность по сельскому хозяйству, охоте, лесному хозяйству, добыче полезных ископаемых, в обрабатывающих производствах, по производству и распределению электроэнергии, газа и воды, в строительстве, на транспорте и в связи Российской Федерации» за 2012–2015 гг. [15] и «Основные показатели здоровья населения и здравоохранения Сибирского Федерального округа в 2012–2015 гг.» [16].

В динамике за 5 лет в разрезе субъектов СФО рассмотрены два блока характеристик. I блок характеризует условия труда, во-первых, по суммарному показателю (процент лиц, занятых в условиях, не отвечающих гигиеническим нормативам), во-вторых, по доле работающих под воздействием отдельных факторов производственной среды (повышенного уровня звука, ультразвука, инфразвука; повышенного уровня вибрации; повышенной запыленности воздуха рабочей зоны; повышенной загазованности воздуха рабочей зоны; повышенного уровня неионизирующего излучения; повышенного уровня ионизирующего излучения; несоответствующим гигиеническим требованиям параметрам микроклимата; световой среды; биологического фактора). Кроме того учтен удельный вес работающих под воздействием негативных факторов трудового процесса; занятых на тяжелых работах; на работах, связанных с напряженностью трудового процесса; работающих на оборудовании, не отвечающем требованиям охраны труда. II блок отражает состояние здоровья и включает: заболеваемость трудоспособного населения (на 1000 человек соответствующего возраста) и заболеваемость с ВУТ по числу случаев и дней (на 100 среднегодовых работников).

Для выделения на территории СФО однотипных субъектов их классифицировали на основе двух эта-

пов кластерного анализа (иерархического по методу Варда и К-средних), позволяющих одновременно учесть различия и сходства по характеристикам блока I. Описательные характеристики кластеров представлены в виде арифметического среднего значения ( $\bar{X}$ ) и его стандартного отклонения ( $X_{st}$ ). С помощью дисперсионного анализа проведено сравнение 4 выделенных кластеров и рассчитаны средние показатели блока II для каждого из кластеров для выявления различий в состоянии субпопуляционного здоровья; статистическая значимость различий оценена с учетом поправки Бонферрони для множественных сравнений. Сравнение интенсивных показателей проведено по точному критерию Фишера, экстенсивных — по критерию  $\chi^2$ , статистически значимыми считались различия при  $p < 0,05$ . Зависимость показателей здоровья от факторов производственной среды оценена по коэффициентам корреляции Спирмена. Вся статистическая обработка проведена с помощью программы Statistica. 10.0 for Windows.

**Результаты и обсуждение.** Удельный вес работников, занятых во вредных и опасных условиях труда, на территории СФО имеет сильные различия. Максимальный показатель отмечен в Кемеровской, минимальный — в Новосибирской областях (63,1% и 31,2%, соответственно). В результате кластерного анализа данных о доле работников, занятых во вредных и опасных условиях труда, в СФО выявлено четыре кластера. Первый кластер включает 7 территорий: Алтайский край (расстояние до центра кластера составляет 1,56), Омская (1,76), Томская (2,02) и Новосибирская области (1,93), Республика Алтай (2,20), Тыва (1,92) и Бурятия (2,11). Второй кластер состоит из Иркутской области (1,41) и Забайкальского края (1,41). Третий кластер объединяет Республику Хакасия (1,26) и Красноярский край (1,26). Четвертый кластер представлен одним субъектом РФ — Кемеровской областью. Средние статистические характеристики изучаемых показателей свидетельствуют о различиях по занятости работников во вредных и опасных условиях труда: при воздействии недостаточной освещенности, повышенных уровней шума, вибрации, запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны, несоответствующих нормативным величинам параметров микроклимата, а также в условиях повышенной тяжести и напряженности трудового процесса (табл. 1).

Практически по всем рассмотренным показателям наиболее благополучным является 1-й кластер, где лишь под воздействием световой среды, не отвечающей гигиеническим требованиям, находятся больше работников, чем во 2-м кластере. Среди сформировавшихся кластеров наибольший интерес представляет 4-й, включающий Кемеровскую область. Доля занятых в неблагоприятных условиях труда в 4-м кластере в 1,8 раза больше, чем в 1, в 1,4 — чем во 2-м (Иркутской области и Забайкальском крае), и в 1,2 — чем в 3-м (Красноярском крае и Республике Хакасия). Работники в Кемеровской области подвержены высокой

Таблица 1

**Доля работающих под воздействием неблагоприятных производственных факторов, %**

| Неблагоприятные факторы                | Кластер 1 |                 | Кластер 2 |                 | Кластер 3 |                 | Кластер 4 |                 | Статистическая значимость различий $p$ |
|----------------------------------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|----------------------------------------|
|                                        | X         | X <sub>st</sub> | X         | X <sub>st</sub> | X         | X <sub>st</sub> | X         | X <sub>st</sub> |                                        |
| Всего                                  | 34,7      | 3,25            | 44,8      | 0,78            | 50,1      | 1,02            | 63,1      |                 | 0,000                                  |
| Звук, ультразвук, инфразвук            | 15,1      | 2,19            | 26,0      | 2,37            | 26,0      | 0,49            | 34,8      |                 | 0,000                                  |
| Вибрация                               | 6,3       | 2,06            | 7,5       | 1,63            | 9,4       | 1,68            | 15,4      |                 | 0,014                                  |
| Запыленность                           | 5,0       | 2,58            | 7,3       | 1,94            | 11,6      | 3,78            | 20,8      |                 | 0,003                                  |
| Загазованность                         | 5,4       | 1,94            | 8,5       | 3,13            | 11,7      | 0,97            | 10,1      |                 | 0,021                                  |
| Неионизирующее излучение               | 1,4       | 1,11            | 1,2       | 0,91            | 4,6       | 2,19            | 3,4       |                 | 0,057                                  |
| Ионизирующее излучение                 | 0,7       | 1,29            | 1,3       | 1,40            | 0,6       | 0,64            | 0,0       |                 | 0,847                                  |
| Микроклимат                            | 4,5       | 1,62            | 4,5       | 1,51            | 9,6       | 0,33            | 10,8      |                 | 0,004                                  |
| Освещенность                           | 6,9       | 1,86            | 4,2       | 2,79            | 11,7      | 1,66            | 23,2      |                 | 0,000                                  |
| Биологический фактор                   | 0,8       | 0,57            | 0,8       | 0,11            | 0,9       | 0,21            | 0,6       |                 | 0,963                                  |
| Тяжесть труда                          | 11,7      | 2,02            | 19,4      | 3,52            | 23,7      | 2,42            | 41,0      |                 | 0,000                                  |
| Не отвечающее требованиям оборудование | 1,2       | 2,53            | 1,1       | 0,53            | 0,4       | 0,39            | 3,6       |                 | 0,689                                  |
| Напряженность труда                    | 9,3       | 2,67            | 11,9      | 1,91            | 13,9      | 2,83            | 23,1      |                 | 0,006                                  |

Примечания: X — среднее значение, X<sub>st</sub> — стандартное отклонение. Кластер 1: Республика Алтай, Бурятия, Тыва, Алтайский край, Омская, Томская и Новосибирская области; кластер 2: Иркутская область, Забайкальский край; кластер 3: Республика Хакасия, Красноярский край; кластер 4: Кемеровская область.

Таблица 2

**Показатели заболеваемости по кластерам, сформированным по уровню занятости работающих с вредными и опасными условиями труда**

| Заболеваемость                                | Р±р (показатель и ошибка показателя)    |                                 |                      |            |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|----------------------|------------|
|                                               | Кластер 1                               | Кластер 2                       | Кластер 3            | Кластер 4  |
| трудоспособного населения (на 1000 человек)   | 590,6±0,6<br>кл1-2**, кл1-3*, кл1-4***  | 558,7±0,4<br>кл2-3**, кл2-4***  | 604,7±0,4<br>кл3-4*  | 628,6±0,5  |
| ВУТ, случаи (на 100 среднегодовых работников) | 56,7±0,58<br>кл1-4*                     | 58,2±0,77<br>кл2-4**            | 56,1±0,78<br>кл3-4*  | 60,5±0,81  |
| ВУТ, дни (на 100 среднегодовых работников)    | 785,6±0,33<br>кл1-2**, кл1-3*, кл1-4*** | 714,2±0,47<br>кл2-3**, кл2-4*** | 778,2±0,46<br>кл3-4* | 859,2±0,50 |

Различия показателей между кластерами статистически значимы: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ .

тяжести труда чаще, чем в 1-, 2- и 3-м кластерах в 3,5; 2,4 и 1,7 раза; запыленности — в 4,1; 2,9 и 1,8 раза; недостаточной освещенности в 3,4; 6,2 и 2,0 раза, соответственно. Доля работающих в неблагоприятных условиях микроклимата, загазованности, вибрации, шума в 4 кластере выше, чем в прочих кластерах в 1,5–2 раза.

Показатель заболеваемости трудоспособного населения СФО в среднем за изучаемый период составил 613,4 случая на 1000 чел. населения соответствующего возраста, число дней ВУТ — 815,4 на 100 работающих, случаев ВУТ — 58,9. Среди субъектов СФО выявлены максимальные показатели обратимых потерь здоровья: заболеваемость трудоспособного населения в Алтайском крае на 48,7% выше, чем в среднем по СФО; число случаев ВУТ в Республике Алтай (+11,9%), дней ВУТ — в Новосибирской области (+6,5% по сравнению с СФО). Минимальная заболеваемость трудоспособного населения зарегистрирована в Томской области (на 30,0% ниже, чем в СФО), заболеваемость ВУТ самая низкая в Республике Тыва (-

25,6% по количеству случаев, -23,2% — по дням ВУТ на 100 работающих). Анализ структуры первичной заболеваемости показал, что в СФО среди трудоспособного населения регистрируются болезни органов дыхания (22,3%), травмы, отравления, несчастные случаи (16,8%), болезни мочеполовой системы (10,9%), органов пищеварения (7,4%), кожи и подкожной клетчатки (6,0%), опорно-двигательного аппарата (5,9%). Статистически значимые различия в структуре заболеваемости выявлены для трудоспособного населения Республики Тыва, Кемеровской, Омской областей ( $p < 0,05$ ). Средние показатели заболеваемости по изучаемым кластерам представлены в таблице 2.

Анализ показателей ВУТ и доли работающих в неблагоприятных условиях труда позволил выявить статистически значимые зависимости между изучаемыми явлениями. Число случаев нетрудоспособности на всех территориях СФО ассоциировано с долей лиц, занятых в условиях труда с повышенным уровнем вибрации ( $r=0,41$ ,  $p=0,003$ ), микроклимата ( $r=0,44$ ,  $p=0,002$ ), число дней ВУТ связано с процентом рабо-

тающих на оборудовании, не соответствующем требованиям охраны труда ( $r=0,32$ ,  $p=0,026$ ).

Анализ заболеваемости по отдельным кластерам СФО, образованным по признакам «работа в неблагоприятных условиях производственной среды» свидетельствует о том, что в 4-ый кластер (Кемеровская область) характеризуется уникальными признаками: значительной долей работающих во вредных и опасных условиях труда и наиболее высокими уровнями заболеваемости. Статистически значимые различия по обратимым потерям здоровья характерны также и для кластера 2, где ниже, чем в других кластерах показатели по дням ВУТ и заболеваемости трудоспособного населения ( $p<0,05$ ). Некоторая разнонаправленность критериев оценки состояния здоровья и занятости во вредных и опасных условиях труда характерна для кластера 1, объединяющего 7 субъектов РФ. Возможно, это связано с объединением территорий с очень разным уровнем индустриализации и развития медицинской помощи (как, например, Республики Тыва, Алтай и Новосибирская область), что требует продолжения исследований и более детализированной оценки.

В СФО, как и в России в целом, к числу групп наиболее высокого риска по показателям заболеваемости и смертности относится население трудоспособных возрастов. По оценкам специалистов от 20 до 40% трудовые потери по болезни прямо или косвенно обусловлены неудовлетворительными условиями труда [10]. Следует отметить, что для работающих СФО характерен несколько иной ряд ведущих вредных и опасных факторов по сравнению с РФ. В регионе ранговый ряд представлен следующим образом: акустический фактор, тяжесть труда, напряженность труда, несоответствие нормам световой среды, загазованность. В целом по стране наиболее значимы: акустический фактор, тяжесть труда, вибрация, запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны [4]. Высокая доля работающих в неблагоприятных производственных условиях приводит к развитию профессиональной патологии как в целом по РФ, так и в СФО [2,12,13]. Выявлена ассоциированность структуры профпатологии с ведущими факторами в РФ, где первые места занимают заболевания от физических факторов (36,3–47,4%), от воздействия промышленных аэрозолей (20,4–27,3%), от перенапряжения органов (20,8–22,9%) [12]. В структуре профессиональной заболеваемости в СФО преобладают болезни слуха (36–43%), опорно-двигательного аппарата (20–25,3%), органов дыхания и вибрационная болезнь (11,3–17,0%) [13]. Особое положение Кемеровской области связано со спецификой видов экономической деятельности, где подавляющее значение имеет добыча полезных ископаемых. В связи с этим, большая доля работающих занята в таких неблагоприятных условиях труда, как тяжелые работы (41,0%), несоответствие по акустическому и световому воздействию (34,8 и 23,2%), напряженный труд (23,1%). Именно в Кемеровской области выше, чем на других территориях заболеваемость с ВУТ как

по показателю «дни ВУТ» (859,2 на 100 работающих), так и по показателю «случаи» (60,5 на 100 работающих), а также заболеваемости трудоспособного населения (628,6‰). Кроме того, среди всех отраслей экономики РФ наиболее высокий уровень профессиональной заболеваемости регистрируется в угольной промышленности, что определяет и уровень данного критерия в Кемеровской области [10].

**Заключение.** Специфика экономического и социального развития отдельных территорий СФО привела к формированию нескольких кластеров, отличающихся по доле занятых в неблагоприятных условиях труда работников, и по уровню обратимых потерь здоровья трудоспособного населения. Полученные результаты могут стать базой для обоснования конкретных мер по сохранению здоровья работающего населения отдельных территорий с учетом сложившей дифференциации экономики и здравоохранения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойцов С.А. Самородская И.В., Третьяков В.В. Процент смертности населения в возрасте 40–54 лет в субъектах РФ // Вестник РАМН. — 2014. — №7–8. — С. 106–112.
2. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В., Шиган Е.Е. Реализация глобального плана действий ВОЗ по охране здоровья работающих в Российской Федерации // Мед. труда и пром. экология. — 2015. — №9. — С. 4–10.
3. Кольчева И.В., Рукавишников В.С. Оценка риска профессиональных и производственно обусловленных заболеваний у пожарных // Мед. труда и пром. экология. — 2005. — №12. — С. 11–17.
4. Костенко Н.А. Условия труда и профессиональная заболеваемость в некоторых видах экономической деятельности РФ в 2004–2013 // Мед. труда и пром. экология. — 2015. — №4. — С. 43–45.
5. Лещенко Я.А. Демографические процессы и динамика общественного здоровья в Иркутской области в 90-е годы // Проблемы соц. гигиены, здравоохран. и ист. мед. — 2000. — №3. — С. 19–23.
6. Общественное здоровье и здравоохранение: национальное руководство / под ред. В.И. Стародубова, О.П. Щепина. — М.: Геотар-МЕДИА, 2014. — 624 с.
7. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Май И.В., Андреева Е.Е. Кластерная систематизация параметров санитарно-эпидемиологического благополучия населения регионов Российской Федерации и городов федерального значения // Анализ риска здоровью. — 2016. — № 1 (13). — С. 4–14.
8. Панков В.А., Кулешова М.В., Мещакова Н.М. и др. Профессиональный риск медицинских работников // Бюлл. Восточно-Сибирского НЦ СО РАМН. — 2010. — №1. — С. 49–53.
9. Панков В.А., Рукавишников В.С., Шаяхметов С.Ф. Современные проблемы гигиены труда и формирования здоровья работающих в ведущих отраслях промышленности Восточной Сибири // Бюлл. Восточно-Сибирского НЦ СО РАМН. — 2004. — №4. — С. 5–9.
10. Пиктушанская Т.Е., Семенихин В.А. Сравнительный анализ риска развития профессиональных заболеваний у шах-

теров двух угледобывающих регионов с различными способами добычи угля // Мед. труда и пром. экология. — 2011. — №12. — С. 12–17.

11. Попова А.Ю. Состояние условий труда и профессиональная заболеваемость в Российской Федерации // Мед. труда и пром. экология. — 2015. — №3. — С. 7–13.

12. Попова А.Ю., Яцына И.В. Профессиональная заболеваемость в РФ // В кн.: Гигиена, токсикология, профпатология: традиции и современность. М., 2016. — С. 401–404.

13. Рукавишников В.С., Шаяхметов С.Ф., Лахман О.А. и др. Здоровье трудового потенциала Сибири — итоги фундаментальных исследований // Мат. XII Всерос. Конгресса «Профессия и здоровье». — М., 2013. — С. 410–412.

14. Рукавишников В.С., Шаяхметов С.Ф., Панков В.А., Колычева И.В. Здоровье работающих в горнодобывающей промышленности Сибири и Крайнего Севера // Мед. труда и пром. экология. — 2004. — №6. — С. 6–9.

15. [http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2016/bul\\_dr.rar](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/bul_dr.rar) (доступ 25.03.2017 г.)

16. <http://ngmu.ru/users/40744&cat=publ> (доступ 25.03.2017 г.)

## REFERENCES

1. Boytsov S.A., Samorodskaya I.V., Tret'yakov V.V. Percentage of mortality at age of 40–54 years in Russian Federation entities // Vestnik RAMN. — 2014. — 7–8. — P. 106–112 (in Russian).

2. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V., Shigan E.E. Implementation of global plan of WHO actions on workers health preservation in Russian Federation // Industr. med. — 2015. — 9. — P. 4–10 (in Russian).

3. Kolycheva I.V., Rukavishnikov V.S. Evaluating risk of occupational and occupationally related diseases in firemen // Industr. med. — 2005. — 12. — P. 11–17 (in Russian).

4. Kostenko N.A. Work conditions and occupational morbidity in some types of economic activities in Russian Federation over 2004–2013 // Industr. med. — 2015. — 4. — P. 43–45 (in Russian).

5. Leshchenko Ya.A. Demographic processes and public health dynamics in Irkutsk region in 1990s // Problemy sots. gigieny, zdravookhr. i ist. med. — 2000. — 3. — P. 19–23 (in Russian).

6. Starodubov V.I., Shchepin O.P., eds. Public health and health care. National manual. — Moscow: Geotar-MEDIA, 2014. — 624 p. (in Russian).

7. Onishchenko G.G., Zaytseva N.V., May I.V., Andreeva E.E. Cluster systematization of sanitary epidemiologic well-being

parameters in regional population of Russian Federation and cities of federal importance // Analiz riska zdorov'yu. — 2016. — 1 (13). — P. 4–14 (in Russian).

8. Pankov V.A., Kuleshova M.V., Meshchakova N.M., et al. Occupational risk in medical staffers. Byull. // Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra SO RAMN. — 2010. — 1. — P. 49–53 (in Russian).

9. Pankov V.A., Rukavishnikov V.S., Shayakhmetov S.F. Contemporary problems of occupational medicine and workers' health formation in leading industries. Byull. // Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra SO RAMN. — 2004. — 4. — P. 5–9 (in Russian).

10. Piktushanskaya T.E., Semenikhin V.A. Comparative analysis of occupational diseases risk in miners of two coal mining regions with different ways of coal extraction // Industr. med. — 2011. — 12. — P. 12–17 (in Russian).

11. Popova A.Yu. Work conditions state and occupational morbidity in Russian Federation // Industr. med. — 2015. — 3. — P. 7–13 (in Russian).

12. Popova A.Yu., Yatsyna I.V. Occupational morbidity in Russian Federation. In: Hygiene, toxicology, occupational medicine: traditions and the present. — Moscow, 2016. — P. 401–404 (in Russian).

13. Rukavishnikov V.S., Shayakhmetov S.F., Lakhman O.L., et al. Health of work potential of Siberia — results of fundamental studies // Proc of XII Russian Congress «Occupation and Health». — Moscow, 2013. — P. 410–412 (in Russian).

14. Rukavishnikov V.S., Shayakhmetov S.F., Pankov V.A., Kolycheva I.V. Health of workers engaged into mining industry // Industr. med. — 2004. — 6. — P. 6–9 (in Russian).

15. [http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2016/bul\\_dr.rar](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/bul_dr.rar) (accessed at 25.03.2017) (in Russian).

16. <http://ngmu.ru/users/40744&cat=publ> (accessed at 25.03.2017) (in Russian).

Поступила 09.08.2017

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Рукавишников Виктор Степанович (Rukavishnikov V.S.),  
гл. науч. сотр. ФГБНУ ВСИМЭИ, чл.-корр. РАН, д-р мед.  
наук, проф. E-mail: rvs2010@mail.ru.

Ефимова Наталья Васильевна (Efimova N.V.),  
вед. науч. сотр. лаб. эколого-гигиенич. исследова-  
ний ФГБНУ ВСИМЭИ, д-р мед. наук, проф. E-mail:  
medecolab@inbox.ru.

Казакова П.В.<sup>1</sup>, Дьякович М.П.<sup>1,2</sup>, Мещачкова Н.М.<sup>1</sup>**ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ БОЛЬНЫХ С ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНЬЮ ЛЕГКИХ**<sup>1</sup>ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 12а м/р, 3, г. Ангарск, РФ, 665827;<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», ул. Чайковского, 60, г. Ангарск, РФ, 665835

В статье показано, что, несмотря на реализацию программ оздоровления условий труда в электролизных цехах Братского и Иркутского алюминиевых заводов, основным неблагоприятным фактором является воздействие на работников комплекса химических соединений в концентрациях, превышающих гигиенические нормативы. Среди них наиболее значимыми с гигиенической точки зрения являются фтористый водород, фториды, металлическая и фторсодержащая пыли, смолистые вещества. Указанный комплекс химических соединений при длительном воздействии обуславливает формирование у работников профессиональных заболеваний бронхо-легочной системы, в том числе хроническую обструктивную болезнь легких (ХОБЛ). ХОБЛ приводит к снижению психологического благополучия пациента, негативно сказываясь на его физическом и психическом компонентах. При этом, ХОБЛ вызывает нарушения как в личностно-средовом взаимодействии, так и в использовании примитивных поведенческих стереотипов психологических защит в стрессовых ситуациях. Полученные результаты должны учитываться при разработке комплекса реабилитационных мероприятий для пациентов с ХОБЛ профессионального генеза.

**Ключевые слова:** *алюминиевое производство; гигиенические аспекты; профессиональная хроническая обструктивная болезнь легких; качество жизни; социальное функционирование; психологические защиты*

Kazakova P.V.<sup>1</sup>, Dyakovich M.P.<sup>1,2</sup>, Meshchakova N.M.<sup>1</sup> **Hygienic and social psychologic aspects of life quality of patients having occupational chronic obstructive lung disease.** East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3, m/d 12a, Angarsk, Russian Federation, 665827; <sup>2</sup>Angarsk State Technical University, 60, Tchaikovsky str., Angarsk, Russian Federation, 665835

The article shows that despite implementation of healthy work conditons program in electrolysis workshops of Bratsk and Irkutsk aluminium plants, the main occupational hazard is the workers' exposure to complex of chemicals in concentrations exceeding hygienic norms. Among them, the most important hygienically are hydrogen fluoride, fluorides, metallic and fluoric dust, resinous substances. The stated complex of chemicals, if long acting, causes occupational broncho-pulmonary diseases including chronic obstructive lung disease (COLD). COLD decreases psychologic well-being of patients, with negative influence on physical and psychic components. With that, COLD causes disorders of interactions between individual and environment, as well as of primitive behavioral stereotypic psychologic defences in stress situations. The results obtained should be considered in specification of rehabilitation measures complex for occupational COLD patients.

**Key words:** *aluminium production; hygienic aspects; occupational chronic obstructive lung disease; life quality; social functioning; psychologic defences*

Алюминиевая промышленность России, представленная предприятиями объединенной компании «РУСАЛ», является наиболее преуспевающей из отечественных металлургических отраслей. «РУСАЛ» — один из крупнейших в мире производителей алюминия, причем 95% его производится на заводах, расположенных в Сибири, в том числе на ОАО Иркутский («ИрАЗ») и ОАО Братский («БрАЗ») алюминиевых заводах.

Многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных авторов [8,9,10,12] доказано, что среди комплекса неблагоприятных производственных факторов, воздействующих на работающих в алюминиевой промышленности, основным является загрязнение воздуха рабочей зоны газо-аэрозольной смесью токсикантов, зачастую превышающих нормативные уров-

ни. Среди них наиболее значимыми, с гигиенической точки зрения, являются фтористый водород, фториды, металлическая и фторсодержащая пыль, смолистые вещества. Указанные соединения при длительном воздействии способны оказывать существенное влияние на здоровье работников [2,4,14] с последующим формированием патологии бронхолегочной системы с развитием феномена «взаимного отягощения» в результате присоединения сопутствующей соматической патологии [3].

В рамках программ модернизации предприятий объединенной компании «РУСАЛ» регулярно проводятся технические и санитарно-гигиенические мероприятия, направленные на снижение загрязнения воздуха рабочей зоны токсикантами, уменьшение физических нагрузок, нормализацию микроклиматических

условий. В то же время, на алюминиевых предприятиях компании до настоящего времени регистрируется высокая профессиональная заболеваемость (ПЗ). Так, в 2015 г. она составила 49,8 случая на 10 тыс. работников, значительно превышая среднероссийский показатель ПЗ (1,65) [6,11]. При этом показатель ПЗ, рассчитанный на число работников, занятых непосредственно в алюминиевом производстве, возрастает в 4 раза и составляет 209,01 на 10 тыс. работников.

Среди профессиональной патологии бронхо-легочной системы у работников алюминиевой промышленности наиболее распространена ХОБЛ с прогрессированием бронхообструкции и дыхательной недостаточности, нарушением иммунологических, биохимических и аллергологических показателей [2,3,5]. Социальное значение ХОБЛ весьма значительно, так как она может являться причиной стойкой утраты трудоспособности и приводить к снижению социального функционирования и психологического благополучия пациента. В литературе встречаются немногочисленные сведения, касающиеся отдельных аспектов изучения связанного со здоровьем качества жизни (СЗКЖ) работников алюминиевого производства [1,7]. Вместе с тем исследования по выявлению социально-психологических аспектов качества жизни пострадавших от ХОБЛ отсутствуют.

**Цель исследования** — оценка условий труда и социально-психологических аспектов СЗКЖ лиц с ХОБЛ профессионального генеза, работавших в электролизных цехах алюминиевой промышленности Восточной Сибири.

**Материалы и методы.** Гигиеническая оценка физических и химических факторов рабочей среды, оценка напряженности и тяжести трудового процесса проводилась в соответствии с Руководством Р. 2.2.2006–05. Оценка химического фактора осуществлялась по результатам измерений, проведенных заводскими санитарно-промышленными лабораториями, и собственных исследований. Всего в ретроспективе было проанализировано и систематизировано свыше 50 тыс. измерений концентраций гидрофторида, нерастворимых и растворимых фторидов, возгонов смол, аэрозолей дезинтеграции в воздухе рабочей зоны электролизных цехов с технологией самообжигающихся анодов (ТСА) и технологией предварительно обожженных анодов (ТПОА).

Обследованы 110 мужчин — бывших работников основных профессий электролизных цехов ОАО «ИрАЗ» и ОАО «БрАЗ»: электролизники (71%), анодчики (3,6%) и др., средний возраст которых составил  $55,3 \pm 7,4$  года, средний стаж работы в профессии до установления ПЗ —  $27,5 \pm 8,5$  года. В группу сравнения (ГС) для оценки СЗКЖ вошли 84 мужчины — жители Иркутской области (средний возраст составил  $50,2 \pm 7,2$  года), сопоставимых с пациентами по социально-бытовым условиям и не контактирующих с вредными производственными факторами.

Оценку СЗКЖ с определением физического суммарного компонента, включающего физическое и ро-

левое функционирование, общее здоровье и физическую боль, а также психического суммарного компонента, включающего социальное функционирование, жизнеспособность и психическое здоровье, проводили по методике SF-36 [13]. Максимальная оценка по каждой шкале составляла 100 баллов.

Уровни фактора риска нарушений психической адаптации и снижения СЗКЖ, а также типы психологических защит определялись по общепринятым методикам Л.И. Вассермана (1997, 1999 гг.).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы Excel, определялись средняя арифметическая величина и ошибка средней ( $M \pm m$ ), оценка значимости различий определялась по t-критерию Стьюдента, различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Обследование пациентов не ущемляет их права и не подвергает их опасности в соответствии с требованиями биомедицинской этики, утвержденными Хельсинской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (2000 г.), и соответствуют Приказу Минздрава РФ №266 (19.06.2003 г.). Все обследованные подписали информированное согласие на участие в исследовании.

**Результаты и их обсуждение.** Основными и массовыми профессиями в электролизных цехах алюминиевых производств являются электролизники и анодчики. Электролизник ведет технологический процесс выплавки алюминия одновременно на нескольких электролизерах (обычно 10–12), анодчики занимаются периодической сменой анодов. Многие трудовые операции (пробивка корки электролита, засыпка глинозема, замена анодов и др.) сопровождаются физическими усилиями, нередко в неудобных позах, связаны с опасностью травматизма, требуют частого переключения видов деятельности (до 50–60 раз в смену). Тяжесть трудового процесса при использовании ТСА соответствует классам вредности 3.2.–3.3, при использовании ТПОА — 3,1.

По результатам гигиенических исследований установлено, что воздух рабочей зоны электролизных цехов загрязняется сложной газо-аэрозольной смесью токсикантов, зачастую превышающих нормативные уровни. Среди них наиболее значимыми являются фтористый водород, фториды, металлическая и фторсодержащая пыль, смолистые вещества. Установлено, что в начальный период работы предприятий концентрации вредных веществ достигали 20 ПДК. В дальнейшем, в результате модернизации технологического оборудования и внедрения ТПОА (2008–2010 гг.) существенно снизились уровни загрязнения воздуха рабочей зоны по целому ряду веществ — фтористоводородной кислоте (с  $0,54$  до  $0,19$  мг/м<sup>3</sup>), возгонам смол (с  $0,23$  до  $0,07$  мг/м<sup>3</sup>), аэрозолям дезинтеграции (с  $3,4$  до  $1,6$  мг/м<sup>3</sup>). Исключение составил гидрофторид, концентрации которого остались на прежнем уровне [8,10].

Оборудование и операции по обслуживанию процесса электролиза являются источниками шума, ло-

кальной и общей вибрации. Как показали исследования, в цехах с использованием самообжигающихся анодов значения звукового давления выше гигиенических нормативов на 5–13 дБА, локальной вибрации — на 5–8 дБ, теплового излучения — на 15 Вт/м<sup>2</sup>. Микроклимат электролизных цехов характеризуется значительными перепадами температур в рабочих зонах (от –15°C до +15°C в холодный период года и от +10°C до +35°C — в теплый). С учетом комбинированного и сочетанного действия вредных факторов производственной среды и трудового процесса условия труда работников, обслуживающих электролизеры с ТСА, соответствуют классам вредности 3.3–3.4, а в цехах с внедренной технологией ТПОА — классам вредности 3.2–3.3.

Расчеты профессиональных рисков у работников основных профессий электролизных цехов БрАЗа и ИркАЗа показали отсутствие различий в уровнях обобщенных и максимально допустимых годовых профессиональных рисков на указанных предприятиях [9].

Таким образом, особенности технологии производства алюминия обуславливают формирование комплекса вредных производственных факторов, к которым, в первую очередь, относится загрязнение воздуха рабочей зоны комплексом вредных химических веществ. Их воздействие в течение длительного периода в концентрациях, превышающих гигиенические нормативы, способствует формированию у работающих профессиональных заболеваний бронхо-легочной системы.

Исследования показали, что бывшие работники БрАЗа и ИркАЗа, страдающие ХОБЛ профессионального генеза, демонстрировали низкие значения оценок по всем шкалам СЗКЖ, суммарному физическому и психическому компонентам, достоверно ( $p < 0,05$ ) отличающиеся от таковых в ГС (табл.).

Следует отметить у пациентов с ХОБЛ наиболее низкие значения ролевого физического функционирования ( $13,4 \pm 2,3$  балла) и ролевого эмоциональ-

ного функционирования ( $30,2 \pm 3,1$  балла), которые свидетельствует о влиянии физического состояния на выполнение повседневных обязанностей и наличие эмоциональных проблем, ограничивающих жизнедеятельность. Показатель СЗКЖ по шкале общего состояния здоровья был также низким ( $36,2 \pm 1,1$  балла), причем оценка по шкале боли, не достигавшая и 50 баллов, свидетельствует о наличии болевых ощущений и их влиянии на жизнедеятельность пациентов. Оценка СЗКЖ по шкале физической функционирования, отражающей степень, в которой здоровье ограничивает выполнение физических нагрузок, составила  $41,2 \pm 1,9$  балла. Отмечены сниженные значения СЗКЖ по шкале жизнеспособности ( $45,3 \pm 1,3$  балла), что свидетельствует об ощущении пациентами утомляемости и снижении работоспособности большую часть времени. Оценки по шкалам психического здоровья и социального функционирования не достигают 60 баллов из 100 возможных ( $52,4 \pm 1,3$  и  $57,7 \pm 1,7$  балла, соответственно) и характеризуют снижение настроения и положительных эмоций, а также целенаправленности, мотивации, инициативности личности больного в социальных отношениях). Полученные результаты свидетельствуют, что ХОБЛ оказывает негативное воздействие на СЗКЖ, определяя низкие суммарные компоненты физического и психического здоровья ( $31,7 \pm 0,6$  и  $40,9 \pm 0,7$  балла соответственно), обуславливая низкое физическое и психическое благополучие. Указанное может являться препятствием для нормального социального функционирования. Вместе с тем можно предположить, что сниженные значения СЗКЖ под влиянием стрессогенных обстоятельств (потеря работы, престижа в семье и обществе, присвоение статуса инвалида), формируют неадаптивные стратегии поведения.

Изучение нарушений личностно-средового взаимодействия показало, что подавляющее большинство (92,4%) пациентов отчетливо не декларировали неадаптивность в основных жизненных сферах, а наличие социального функционирования, так же, как

Таблица

**Показатели связанного со здоровьем качества жизни обследованных лиц, баллы**

| Шкалы связанного со здоровьем качества жизни | Пациенты БрАЗа и ИркАЗа (n=110) | Группа сравнения (n=84) |
|----------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Физическое функционирование                  | $41,2 \pm 1,9$                  | $86,4 \pm 4,6^*$        |
| Ролевое физическое функционирование          | $13,4 \pm 2,3$                  | $78,0 \pm 5,2^*$        |
| Физическая боль                              | $41,9 \pm 1,8$                  | $74,9 \pm 4,0^*$        |
| Общее состояние здоровья                     | $36,2 \pm 1,1$                  | $60,9 \pm 2,7^*$        |
| Жизненная активность                         | $45,3 \pm 1,3$                  | $71,3 \pm 3,1^*$        |
| Социальное функционирование                  | $57,7 \pm 1,7$                  | $77,2 \pm 3,1^*$        |
| Ролевое эмоциональное функционирование       | $30,2 \pm 3,1$                  | $82,9 \pm 4,6^*$        |
| Психическое здоровье                         | $52,4 \pm 1,3$                  | $67,8 \pm 2,9^*$        |
| Суммарный физический компонент здоровья      | $31,7 \pm 0,6$                  | $48,5 \pm 1,5^*$        |
| Суммарный психический компонент здоровья     | $40,9 \pm 0,7$                  | $46,9 \pm 0,8^*$        |

Примечание: \* — различие показателей между группой пациентов и группой сравнения статистически значимо ( $p < 0,05$ ).

и полное его отсутствие отмечалось в равной мере у 7,6% обследованных. При этом снижение работоспособности отмечали 74% пациентов, физического состояния — 63,0% обследованных, материального положения — 42%, психоэмоционального состояния — 36,0%. Большинство пациентов ощущали поддержку общества и семьи, положительно оценивали свое социальное положение и взаимоотношения в семье (87,5 и 86,0%).

В ходе исследования установлено, что в стрессовых ситуациях пациенты с ХОБЛ используют конструктивные и неконструктивные типы психологических защит, относящихся к разряду примитивных. В качестве ведущего конструктивного типа психологической защиты была определена «регрессия» (40,9±0,7 процентиля), посредством которой личность стремится избежать тревоги путем перехода с решения субъективно более сложных задач на относительно простые и доступные. Для таких пациентов (89%) характерны импульсивность и слабость эмоционально-волевого контроля, что может снижать СЗКЖ.

Ведущим неконструктивным типом психологической защиты были определены «реактивные образования» (80,5±1,4 процентиля), что связано с возвращением в условиях стресса к инфантильным формам поведения, т. е. пациенты (93,6%) используют наименее адаптивный из типов психологических защит, затрудняющий осознание внутриличностных проблем, что также может ухудшать СЗКЖ.

#### Выводы:

1. Воздействие комплекса химических соединений на работников основных профессий электролизных цехов Иркутского и Братского алюминиевых заводов приводит к возникновению профессиональных заболеваний бронхо-легочной системы, в частности к формированию ХОБЛ, имеющей большое социальное значение.

2. Установлено, что ХОБЛ негативно влияет на физический и психический суммарные компоненты СЗКЖ, вызывая нарушения как в личностно-средовом взаимодействии, так и в использовании примитивных поведенческих стереотипов как психологических защит в стрессовых ситуациях.

3. Полученные результаты должны учитываться при разработке комплекса реабилитационных мероприятий для пациентов с ХОБЛ профессионального генеза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES пп. 12–14)

1. Абраматец Е.А., Дьякович М.П., Казакова П.В. и др. Качество жизни работников электролизного производства алюминия с профессиональной бронхо-легочной патологией // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. — 2013. — №3 (91). — Ч. 1. — С. 9–12.

2. Бейгель Е.А., Катаманова Е.В., Шаяхметов С.Ф. и др. Влияние длительного воздействия промышленных аэрозолей на функциональное состояние бронхолегочной системы у работников алюминиевого производства // Гиг. и санит. — 2016. — №95 (12). — С. 1160–1163.

3. Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В. и др. Современные аспекты сохранения и укрепления здоровья работников, занятых на предприятиях по производству алюминия // Мед. труда и пром. экология. — 2012. — №11. — С. 1–7.

4. Калинина О.А., Лахман О.А., Зобнин Ю.В. Оценка труда рабочих основных профессий современного алюминиевого производства // Сиб. мед. ж-л. — 2012. — №6. — С. 122–126.

5. Кудяева И.В., Дьякович О.А., Бейгель Е.А. и др. Клинико-биохимические и аллергологические показатели, характеризующие профессиональные заболевания бронхолегочной системы у работающих в производстве алюминия // Гиг. и санит. — 2016. — №95 (12). — С. 1142–1145.

6. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году: Гос. доклад. — М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2017. — 220 с.

7. Рослая Н.А., Хасанова Г.Н. Влияние профессиональных заболеваний органов дыхания на показатели качества жизни пациентов // Мед. труда и пром. экология. — 2010. — №2. — С. 44–47.

8. Рослый О.Ф., Гурвич О.Б., Плотко О.Г. и др. Актуальные вопросы гигиены в алюминиевой промышленности России // Мед. труда и пром. экология. — 2012. — №11. — С. 8–12.

9. Условия труда и профессиональные риски нарушений здоровья у работников алюминиевой промышленности / Бодуенкова Г.М., Тимофеева С.С., Мецакова Н.М. и др.: монография. — Иркутск, изд-во ИРНИТУ, 2015. — 144 с. (с. 53).

10. Шаяхметов С.Ф., Лисецкая Л.Г., Мецакова Н.М., Меринов А.В. Гигиеническая оценка газо-пылевого фактора на алюминиевом предприятии Восточной Сибири // Гиг. и санит. — 2016. — №95 (12). — С. 1155–1160.

11. <http://sr.rusal.ru/labour-protection/results-of-activity.php> (20.07.2017) Отчет об устойчивом развитии ОК РУСАЛ за 2015 г.

#### REFERENCES

1. Abramatec E.A., D'yakovich M.P., Kazakova P.V., et al. Life quality of aluminium electrolysis production workers with occupational broncho-pulmonary diseases / Byull. VSNTs SO RAMN. — 2013. — 3 (91). — Part 1. — P. 9–12 (in Russian).

2. Beygel' E.A., Katamanova E.V., Shayakhmetov S.F., et al. Influence of long exposure to industrial aerosols on functional state of broncho-pulmonary system in aluminium production workers // Gig. i sanit. — 2016. — 95 (12). — P. 1160–1163 (in Russian).

3. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V., et al. Contemporary aspects of health preservation and improvement in workers engaged into aluminium production // Industr. med. — 2012. — 11. — P. 1–7 (in Russian).

4. Kalinina O.L., Lakhman O.L., Zobnin Yu.V. Evaluating work of major occupation workers in contemporary aluminium production // Sibirskiy meditsinskiy J. — 2012. — 6. — P. 122–126 (in Russian).

5. Kudaeva I.V., D'yakovich O.A., Beygel' E.A., et al. Clinical biochemical and allergologic characteristics of occupational broncho-pulmonary diseases in aluminium production worker // Gig. i sanit. — 2016. — 95 (12). — P. 1142–1145 (in Russian).

6. On state of sanitary epidemiologic well-being of population in Russian Federation in 2016: Governmental report. — Moscow: Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka, 2017. — 220 p. (in Russian).

7. Roslaya N.A., Hasanova G.N. Influence of occupational respiratory diseases on life quality parameters in patients // Industr. med. — 2010. — 2. — P. 44–47 (in Russian).

8. Roslyi O.F., Gurvich O.B., Plotko O.G. et al. Topical problems of hygiene in aluminium industry of Russia // Industr. med. — 2012. — 11. — P. 8–12 (in Russian).

9. Bodienkova G.M., Timofeyeva S.S., Meshakova N.M. et al. Work conditions and occupational risks of health disorders in workers of aluminium industry. — Irkutsk, Izd-vo IRNITU, 2015. — 144 p. (53) (in Russian).

10. Shayakhmetov S.F., Lisetskaya L.G., Meshchakova N.M., Merinov A.V. Hygienic evaluation of gas-dust factor in aluminium enterprise of East Siberia // Gig. i sanit. — 2016. — 95 (12). — P. 1155–1160 (in Russian).

11. <http://sr.rusal.ru/labour-protection/results-of-activity.php> (20.07.2017) Sustainability Report «OK RUSAL» for 2015.

12. Thomassen Y., Ellingsen D.G., Skaugset N.P. et al. Ultrafine particles at workplaces of a primary aluminium smelter // J. Environ. Monit. — 2006. — Vol. 8. — №1. — P. 127–133.

13. Ware J.E. SF-36 Health Survey: Manual and Interpretation Guide // New England Medical Centre, MA, USA. — 1993. [www.libua-ru.net/diss/wed/124927.html](http://www.libua-ru.net/diss/wed/124927.html).

14. Wesdock J.C., Arnold I.M. Occupational and environmental health in the aluminum industry: key points for health practitioners // J. Occup. Environ. Med. — 2014. — May; 56 (5 Suppl): P. 5–11.

Поступила 09.08.2017

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Казакова Полина Валерьевна (Kazakova P.V.),  
мед. психолог ФГБНУ ВСИМЭИ, канд. биол. наук. E-mail: Polina25.07@mail.ru.

Дьякович Марина Пинхасовна (Diakovich M.P.),  
вед. науч. сотр. лаб. эколого-гигиенич. исследований ФГБНУ ВСИМЭИ, зав. каф. АнгТУ, д-р биол. наук, проф. E-mail: marik914@rambler.ru.

Мещачкова Нина Михайловна (Meshchakova N.M.),  
ст. науч. сотр. лаб. эколого-гигиенич. исследований ФГБНУ ВСИМЭИ, д-р мед. наук, доц. E-mail: imt@irmail.ru.

УДК 612.821.6:613.62

Дьякович М.П.<sup>1,2</sup>, Казакова П.В.<sup>1</sup>, Русанова Д.В.<sup>1</sup>, Кулешова М.В.<sup>1</sup>, Купцова Н.Г.<sup>1</sup>, Шевченко О.И.<sup>1</sup>, Катаманова Е.В.<sup>1</sup>, Донская О.Г.<sup>3</sup>, Джафарова О.А.<sup>3</sup>

### БИОУПРАВЛЕНИЕ В РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

<sup>1</sup>ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 12а м/р, 3, г. Ангарск, РФ, 665827;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», ул. Чайковского, 60, г. Ангарск, РФ, 665835;

<sup>3</sup>ФГБНУ «НИИ молекулярной биологии и биофизики», ул. Тимакова, 2/12, г. Новосибирск, РФ, 630117

Дана оценка применения трех вариантов технологий биоуправления (ТБ) в реабилитации пациентов с профзаболеваниями (ПЗ) от воздействия химического и физического факторов. В первом варианте использовался α-стимулирующий тренинг с включением музыкотерапии, способствующей освоению приемов релаксации, во втором — сочетание ЭЭГ-α-стимулирующего и температурно-миографического биоуправления (Т-ЭМГ) с применением музыкотерапии, в третьем — только Т-ЭМГ. До и после применения ТБ по общепринятым методикам тестировались пато-психологические, психологические и физиологические показатели. Клинический эффект оценивался по шкале от отсутствия эффекта до выраженного улучшения состояния пациентов. Исследования свидетельствуют о перспективах использования в профпатологической практике ТБ, способствующей реабилитации лиц, пострадавших от воздействия химических и физических факторов. Динамику лечения можно объективно проанализировать по физиологическим параметрам, сохраняемым во время сеанса на локальном компьютере пациента и отправляемым на сервер через Интернет, что позволяет говорить о непрерывном характере реабилитации.

**Ключевые слова:** биоуправление; профессиональная нейроинтоксикация; ртуть; комплекс токсических веществ; вибрационная болезнь, связанная с воздействием локальной вибрации

Diakovich M.P.<sup>1,2</sup>, Kazakova P.V.<sup>1</sup>, Rusanova D.V.<sup>1</sup>, Kuleshova M.V.<sup>1</sup>, Kuptsova N.G.<sup>1</sup>, Shevchenko O.I.<sup>1</sup>, Katamanova E.V.<sup>1</sup>, Donskaya O.G.<sup>3</sup>, Dzhaifarova O.A.<sup>3</sup> **Biofeedback in rehabilitation of patients with occupational diseases.** <sup>1</sup>East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3, m/d 12a, Angarsk, Russian Federation, 665827; <sup>2</sup>Angarsk State

Technical University, 60, Tchaikovskogo str., Angarsk, Russian Federation, 665835; <sup>3</sup>Institute of Molecular Biology and Biophysics, 2/12, Timakova str., Novosibirsk, Russian Federation, 630117

The authors evaluated use of three variants of biofeedback technologies in rehabilitation of patients with occupational diseases caused by chemical and physical factors. First variant included a-stimulating training with music therapy for relaxation techniques development, the second — combination of EEG-a-stimulating and temperature myographic biofeedback with music therapy, the third — only EEG-a-stimulating and temperature myographic biofeedback. Before and after biofeedback technologies use according to conventional methods, patho-psychologic, psychologic and physiologic parameters were examined. Clinical effect was estimated according to scale from no effect to considerable improvement of the patients' state. The studies prove prospective use of biofeedback technologies in occupational therapy for rehabilitation of individuals suffering from exposure to chemical and physical factors. The treatment dynamics can be analyzed objectively by physiologic parameters saved during each session on patient's local computer and sent on servers via Internet — that could serve as continuous rehabilitation.

**Key words:** *biofeedback; occupational neurointoxication; mercury; complex of toxic chemicals; vibration disease connected with exposure to local vibration*

Несмотря на профилактику и лечение, отвечающее современным клиническим стандартам, эффективность реабилитации остается достаточно низкой. Биопрограммирование, превращая пациента в активного субъекта лечебно-реабилитационного процесса, способно качественно улучшать когнитивные функции, вегетативный тонус, снижать выраженность психических изменений, уровень тревоги, депрессии [4,8,13,16,17,20]. Использование ТБ широко распространено в медицине [9,18,19], доказана ее эффективность в неврологии [6,12]. Однако сведения об использовании ТБ в профпатологии немногочисленны [4,5,11,15].

**Цель исследования** — оценить применение различных вариантов ТБ для реабилитации пациентов с ПЗ от воздействия химического и физического факторов.

**Материалы и методы.** В исследовании применялось три варианта ТБ с использованием аппаратно-программного комплекса «БОС-ЛАБ» с модулем регистрации физиологических сигналов БИ-012 (ООО «КОМСИБ», Россия). Все варианты ТБ применялись в течение 10 дней. Длительность ежедневных сеансов в 1-м и 2-м вариантах на фоне медикаментозной терапии составляла 50–90 минут, в 3-м варианте — 15–30 минут без медикаментозной терапии. В 1-м варианте использовался ЭЭГ-α-стимулирующий тренинг с включением музыкотерапии, способствующей освоению приемов релаксации, во 2-м — сочетание ЭЭГ-α-стимулирующего и температурно-миографического биоуправления (Т-ЭМГ) с применением музыкотерапии, в 3-м — только Т-ЭМГ.

Критериями включения в группу исследования являлись мужчины, возраст 30–60 лет, наличие у них хронической ртутной интоксикации (ХРИ) I, II стадии; профессиональной нейротоксикации комплексом токсических веществ (НКТВ); вибрационной болезни (ВБ) 1, 2 степени, связанной с воздействием локальной вибрации. Критериями исключения служили отягощенные (эндогенное психическое заболевание; хронические заболевания внутренних органов в стадии декомпенсации), абсолютные противопоказания (наличие органического расстройства личности; вы-

раженное снижение мнестико-attenционнoй сферы деятельности; состояние острого психического, алкогольного или наркотического возбуждения).

В исследовании принимали участие 150 пациентов. В использовании 1-го варианта ТБ участвовали 20 пациентов с ХРИ (средний возраст  $46,6 \pm 0,8$  года) и 10 пациентов с ВБ (средний возраст  $48,6 \pm 0,7$  года), в использовании 2–20 пациентов с НКТВ (средний возраст  $40,6 \pm 0,4$  года), в использовании 3–20 пациентов с ВБ (средний возраст  $47,9 \pm 0,8$  года). Для объективизации эффективности ТБ были сформированы сопоставимые по возрасту группы сравнения, в которые вошли: 20 пациентов с ХРИ, 30 пациентов с НКТВ, 30 пациентов с ВБ, получавших медикаментозное лечение без применения ТБ.

До и после применения ТБ по общепринятым методикам тестировались высшие психические процессы (кратковременная и отсроченная вербальная, образно-зрительная память, внимание), оценивались психоэмоциональная сфера и связанное со здоровьем качество жизни; проводились стимуляционная электроэнцефалография (ЭНМГ) с регистрацией соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП) на электромиографе «Нейро-ЭМГ-Микро», ЭЭГ с определением слуховых (СВП) и зрительных вызванных потенциалов (ЗВП) на компьютерном электроэнцефалографе-DX-NT32.V19. Клинический эффект оценивался по результатам анкетирования четырехбалльной шкалы от отсутствия эффекта до выраженного улучшения, выраженность церебральной симптоматики оценивалась по трехбалльной шкале от отсутствия жалоб до выраженных жалоб. Для объективизации результатов Т-ЭМГ использовались термометрия, дозированная холодовая проба, реовазография верхних конечностей, оценка вибрационной и болевой чувствительности на одних и тех же участках.

Статистическая обработка результатов осуществлялась при помощи пакета прикладных программ «Statistica 6.0». Для попарного сравнения количественных показателей использовался t-критерий Стьюдента. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Результаты исследований представлены в виде среднего и ошибки среднего.

Таблица 1

**Психологические характеристики пациентов с вибрационной болезнью 1, 2 степени, связанной с воздействием локальной вибрации, до и после применения ЭЭГ-α-стимулирующего тренинга с включением музыкотерапии, баллы**

| Показатели                                               | До применения, n=10 | После применения, n=10 |
|----------------------------------------------------------|---------------------|------------------------|
| Тревожность ситуативная [1]                              | 42,0±1,5            | 36,4±1,9*              |
| Тревожность личностная [1]                               | 44,9±1,03           | 38,3±1,0*              |
| Шкала 1 ММРІ (Hs — шкала ипохондрии) [12]                | 69,0±4,1            | 66,2±3,1               |
| Шкала 2 ММРІ (D — шкала депрессии) [12]                  | 73,0±3,4            | 59,6±1,6*              |
| Шкала 3 ММРІ (Hu — шкала эмоциональной лабильности) [12] | 60,0±2,8            | 54,5±3,1               |
| Шкала 7 ММРІ (Pt — ситуативной тревожности) [12]         | 75,7±1,2            | 63,8±2,5*              |

Примечания: \* — различия показателей до и после тренинга статистически значимы,  $p < 0,05$ .

Использование ТБ не ущемляет права и не подвергает опасности благополучие субъектов исследования в соответствии с требованиями биомедицинской этики, утвержденными Хельсинской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (2000 г.), и соответствуют Приказу Минздрава РФ №266 (19.06.2003 г.).

**Результаты и их обсуждение.** После применения 1-го варианта ТБ у пациентов с ХРИ отмечалось улучшение отсроченной вербальной памяти (с  $32,0 \pm 12,9$  до  $60,0 \pm 13,6\%$  от нормы,  $p < 0,05$ ). В группе сравнения подобных фактов не установлено (с  $31,0 \pm 12,8$  до  $33,0 \pm 13,3\%$  от нормы). Лица, участвовавшие в БОС-тренинге, анализируя свои ощущения после лечения, достоверно чаще, чем лица группы сравнения, отмечали их позитивную динамику. После применения ТБ у пациентов, наряду с достоверным возрастанием α-активности (с  $31,8 \pm 4,9\%$  до  $46,2 \pm 5,6\%$ ,  $p < 0,05$ ) с увеличением его нормированной регулярности и тенденции к восстановлению частотно-пространственной локализации, было выявлено уменьшение медленноволновой активности Δ-диапазона (с  $22,6 \pm 4,9\%$  до  $14,1 \pm 3,4\%$ ,  $p < 0,05$ ) и обще-мозговых изменений. У пациентов группы сравнения значимых улучшений после лечения не выявлено [1,3,10].

У пациентов, участвующих в ЭЭГ-α-стимулирующем тренинге, в отличие от лиц группы сравнения, установлено восстановление времени прохождения импульса на уровне шейного отдела спинного мозга (пик N13), корковой активности соматосенсорной зоны (пик N20) в результате прихода к коре сенсорной посылаки из таламических ядер (пик P25). Уменьшалось время проведения афферентной волны возбуждения на уровне шейного отдела спинного мозга (интервала N11-N13).

После применения 1-го варианта ТБ у пациентов с ВБ наблюдалось снижение ипохондрии, депрессии, эмоциональной лабильности, уровня фиксированной тревоги, личностной и ситуативной тревожности (табл. 1). Отмечено повышение индекса α-активности (с  $42,3$  до  $59,0\%$ ,  $p < 0,05$ ), снижение индекса медленноволновой активности (с  $40,3$  до  $9,5\%$ ,  $p < 0,05$ ), что свидетельствует об уменьшении неустойчивости регуляторных механизмов и снижении патологически повышенного потока нисходящей и восходящей импульсации.

Использование 2-го варианта ТБ у пациентов с НКТВ позволило увеличить индекс α-активности

(с  $46,9 \pm 4,0$  до  $67,6 \pm 3,5\%$ ,  $p < 0,05$ ), снизить индекс β-активности (с  $29,3 \pm 2,7$  до  $25,8 \pm 2,5\%$ ,  $p < 0,05$ ). В группе сравнения значимых улучшений не наблюдалось ( $48,1 \pm 2,3$  и  $50,0 \pm 4,6\%$  до и после лечения). Зарегистрировано увеличение интенсивности биоэлектрической активности в правой лобной доле у 75% обследованных (с возрастанием индекса α-активности в среднем на  $41,8\%$ ), уменьшение очага медленно-волновой активности с билатерально-синхронным распространением, характеризующим дисфункцию срединных структур. При этом, 47,0% пациентов, участвовавших в тренинге, научились повышать температуру кончика пальца ведущей руки до  $32,2^\circ\text{C}$ , что свидетельствует об улучшении периферической вазодилатации сосудов. Пациенты освоили навык снижения уровня напряжения фронтальной мышечной группы в среднем до  $1,5$  мкВ. Наблюдалось статистически значимое ( $p < 0,05$ ) клиническое улучшение состояния по таким церебральным симптомам, как головная боль, головокружение, нарушение сна, нарушение памяти (табл. 2).

Таблица 2

**Динамика церебральных симптомов (в баллах) у пациентов с профессиональной нейротоксикацией комплексом токсических веществ в результате применения ЭЭГ-α-стимулирующего и температурно-миографического биоуправления с применением музыкотерапии, ( $M \pm m$ )**

| Показатель           | ЭЭГ-α-стимулирующий и температурно-миографический тренинг, n=20 | Группа сравнения, n=30                  |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Головная боль        | $1,55 \pm 0,11$<br>$0,70 \pm 0,01^{**}$                         | $1,39 \pm 0,09$<br>$0,60 \pm 0,11^{**}$ |
| Головокружение       | $0,90 \pm 0,10$<br>$0,35 \pm 0,02^{**}$                         | $0,82 \pm 0,11$<br>$0,42 \pm 0,01^*$    |
| Нарушение сна        | $1,40 \pm 0,11$<br>$0,50 \pm 0,03^{**}$                         | $1,35 \pm 0,09$<br>$0,53 \pm 0,10^{**}$ |
| Нарушение памяти [2] | $1,20 \pm 0,15$<br>$0,75 \pm 0,10^*$                            | $1,07 \pm 0,11$<br>$0,64 \pm 0,04^*$    |

Примечания к табл. 2 и 3: 1. Над чертой — показатели до лечения, под чертой — после лечения; 2. Различия показателей до и после лечения статистически значимы, \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ .

Таблица 3

**Динамика показателей скорости проведения импульса по моторному компоненту пациентов с вибрационной болезнью 1, 2 степени, связанной с воздействием локальной вибрации, до и после применения температурно-миографического биоуправления, м/с**

| Показатели ЭНМГ                                                        | Тестируемые нервы (n=16)   |                           |                          |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
|                                                                        | Срединный                  | Локтевой                  | Большеберцовый           |
| Скорость проведения импульса в дистальном отделе нервного ствола (м/с) | 45,37±2,33<br>54,25±3,05** | 48,28±3,08<br>57,31±2,55* | 35,9±1,52<br>42,2±0,69** |
| Скорость проведения импульса в области локтевого сустава (м/с)         | 49,80±2,44<br>54,99±2,0*5  | 55,31±3,17<br>58,12±2,15  | –                        |
| Резидуальная латентность (мс)                                          | 3,33±0,15<br>2,07±0,16*    | 2,61±0,29<br>2,07±2,17    | 2,21±0,39<br>2,05±0,18   |

У пациентов отмечалось улучшение отсроченной вербальной памяти (с 5,5±0,5 до 7,4±0,4 слова,  $p<0,05$ ), увеличение объема зрительной образной памяти (с 9,1±0,12 до 10,6±0,15 образа,  $p<0,01$ ), снижение уровней депрессии (с 60,2±0,58 до 58,2±0,49 балла,  $p<0,05$ ), реактивной тревожности (с 50,5±1,05 до 45,7±1,13 балла,  $p<0,05$ ). У пациентов, не участвовавших в тренинге, значимых изменений не обнаружено. Выявлен достоверный ( $p<0,05$ ) регресс показателей на шкалах СМИА — психастении (с 89,9±1,58 до 84,2±1,98 Т-балла), шизоидности (с 96,1±2,49 до 88,5±1,53 Т-балла), что свидетельствует о снижении уровней эмоциональной напряженности, тревожности, нервозности, повышении самооценки, общей продуктивности и психологического комфорта больных. Динамика индекса клинической эффективности показала, что реабилитация, включавшая ТБ, имеет больший эффект (3,1±0,1 после лечения с ТБ против 2,0±0,1 без него,  $p<0,01$ ). Третий вариант ТБ был признан успешным у 76,7% пациентов с ВБ. В конце курса температура тенара ведущей руки в среднем повысилась с 24,3°C до 26,5°C, средний прирост составил 2,2°C. Установлено достоверное возрастание  $\alpha$ -активности (с 37,2% до 51,0%,  $p<0,05$ ) с увеличением его нормированной регулярности и тенденции к восстановлению частотно-пространственной локализации, уменьшение медленноволновой активности (с 16,4% до 9,5%,  $p<0,05$ )  $\Delta$ - и  $\Theta$ -диапазона (с 13,4% до 9,1%,  $p<0,05$ ), и, как следствие, уменьшение общемозговых изменений. Регистрировалось возрастание скорости проведения импульса (СПИ) по моторному компоненту срединного и локтевого нервов до значений нормы (с 45,37±2,33 м/с до 54,25±3,05 м/с и с 48,28±3,08 м/с до 57,31±2,55 м/с соответственно,  $p<0,05$ ). Уменьшалась резидуальная латентность на руках (с 3,33±0,15 мс до 2,07±0,16 мс,  $p<0,05$ ). Наблюдалось статистически значимое снижение латентности N18 (с 19,30±0,23 мс до 18,20±0,32,  $p<0,05$ ), N20 (с 21,96±0,53 мс до 20,21±0,20,  $p<0,05$ ), N30 (с 33,68±0,38 мс до 31,11±0,24 мс,  $p<0,05$ ). Показатели характеризуют проведение импульса на уровне таламических ядер

и состояние нейронов коркового представительства соматосенсорной зоны.

При использовании 3-го варианта ТБ у пациентов уменьшались показатели альгезиметрии (в области локтевого сустава с 0,79±0,02 мм до 0,59±0,02 мм, на фаланге 2-го пальца кисти с 0,85±0,02 мм до 0,64±0,01 мм,  $p<0,05$ ), вибрационной чувствительности (в области локтевого сустава — с 46,0±1,55 Гц до 35,25±0,22 Гц, на фаланге 2-го пальца кисти — с 48,5±1,31 Гц до 39,5±0,29 Гц,  $p<0,05$ ), т. е. увеличивался порог болевой и вибрационной чувствительности (табл. 3).

Эффективность реабилитации во всех трех вариантах с использованием ТБ 10-дневным курсом достоверно выше традиционной. При проведении большего объема реабилитационных процедур выраженность клинического эффекта была бы выше, но в силу ограничения срока пребывания пациента в стационаре невозможно провести более 10 сеансов. Становится актуальным использование методов телереабилитации, где стационарный период лечения будет продолжен в амбулаторных или домашних условиях под контролем профпатологов. Авторы считают перспективным использовать опыт внедрения сетевой нейрореабилитации пациентов на основе ТБ и комплекса «БОС-ЛАБ» [13,19]. Динамику лечения можно объективно проанализировать по физиологическим параметрам, сохраняемым в сеансе БОС на локальном компьютере пациента и отправляемой на сервер через Интернет, что позволяет говорить о непрерывном характере реабилитации. Большая длительность биоуправления, контроль состояния пациентов, возможность коррекции процедур в удаленном формате позволили бы повысить эффективность реабилитации.

Применение Т-ЭМГ-биоуправления обосновано его положительным действием при синдроме Рейно и лечении нейропатических болей различной этиологии. Преобладание в картине ВБ ангиоспастического и ангиодистонического синдромов с выраженными сосудистыми расстройствами в конечностях, полинейропатии различной выраженности делает важным обучение пациентов расслаблению мышц рук и расширению периферических сосудов, что ведет к повы-

пению температуры кончиков пальцев и возможности самостоятельно снимать сосудистые спазмы во время возникновения приступов.

#### Выводы:

1. Доказана эффективность применения при разных формах профпатологии в сочетании с традиционным медикаментозным лечением Т-ЭМГ и ЭЭГ-стимулирующего вариантов ТБ при НКТВ. Выполненные исследования свидетельствуют о перспективах использования в профпатологической практике ТБ, способствующей реабилитации пострадавших от воздействия химических и физических факторов, что подтверждается положительными изменениями объективных и субъективных показателей, характеризующих состояние пациентов.

2. Существующая проблема сокращения сроков пребывания пациентов в стационаре вызывает необходимость внедрения телереабилитационных методов, основанных на ТБ, в программу социально-психологических реабилитационных мероприятий для клиники ПЗ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES п. 20)

1. Ахмеджанов Э.Р. Психологические тесты / Э.Р. Ахмеджанов. — М.: Светотон, 1995. — 320 с.

2. Бизюк А.П. Компедиум методов нейропсихологического исследования. Метод. пособ. / А.П. Бизюк. — СПб: Речь, 2005. — 400 с.

3. Дьякович М.П., Казакова П.В. Организация исследования по комплексной оценке качества жизни лиц с профессиональной патологией: пос. для врачей. — Ангарск, 2012. — 25 с.

4. Дьякович М.П., Казакова П.В., Катаманова Е.В., Русанова Д.В. Использование биоуправления в реабилитации больных с хронической ртутной интоксикацией // Бюлл. сибирской мед. — 2010. — Т. 9, №2. — С. 59–62.

5. Казакова П.В., Судаков Н.Г., Русанова Д.В. и др. Возможности использования метода биологической обратной связи в реабилитации больных с профессиональными заболеваниями от воздействия химического и физического факторов // Acta Biomedica Scientifica. — 2012. — № 5–2 (87). — С. 12–17.

6. Кунельская Н.Л., Резакова Н.В., Гудкова А.А., Гехт А.Б. Метод биологической обратной связи в клинической практике // Ж-л неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. — 2014. — №8. — С. 46–50.

7. Лахман О.Л., Шевченко О.И. Применение биуправления при лечении нервно-психических заболеваниях // Сиб. медицинский журнал (Иркутск). — 2011. — Т. 105. — №6. — С. 110–113.

8. Павлов Ю.Г. Влияние ЭЭГ-биоуправления на эмоциональное состояние и показатели личностных характеристик // Междунар. научно-иссл. ж-л. — 2012. — №3. — С. 5–7.

9. Пеккер Я. С., Алифинова В. М., Бразовская Н. Г. и др. Биоуправление: новый метод коррекции двигательных нарушений у больных рассеянным склерозом // Бюлл. сибирской мед. — 2014. — Т. 13. — №4. — С. 94–98.

10. Практикум по экспериментальной и прикладной психологии: Учеб. пособие / под ред. А.А. Крылова. — Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1990. — 272 с.

11. Рукавишников В.С., Судакова Н.Г., Русанова Д.В., Нурбаева Д.Ж. Возможности использования биоуправления при лечении больных с вибрационной болезнью // Известия Самарского НЦ РАН. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. — 2010. — Т. 12. — № 1–7. — С. 1875–1879.

12. Сидякина И.В., Иванов В.В., Шаповаленко Т.В. Возможности использования миографического БОС-тренинга в реабилитации пациентов с патологией нервной системы // Анналы клинич. и эксп. неврологии. — 2011. — Т. 5. — №1. — С. 24–29.

13. Скок А.Б. Биоуправление в клинической практике: обзор // Неврологический ж-л. — 2000. — Т. 5, №4. — С. 52–56.

14. Собчик Л.Н. Стандартизированный многофакторный метод исследования личности СМЛ / Л.Н. Собчик. — СПб: Речь, 2000. — 219 с.

15. Шевченко О.И., Катаманова Е.В., Колесов В.Г. Биуправление при лечении пожарных в отдаленном периоде профессиональной нейротоксикации // Сиб. научный мед. ж-л. — 2004. — Т. 24. — № 3. — С. 30–34.

16. Штарк М.Б., Джафарова О.А., Тарасов Е.А., Гук Р.Ю. Дистанционная реабилитация мозговых катастроф // Наука из первых рук. — 2014. — №2 (56). — С. 54–63.

17. Штарк М.Б., Шварц М.С. Некоторые аспекты биуправления в интерпретации редакторов (вместо предисловия) // Биоуправление-4: Теория и практика. — Новосибирск: ЦЭРИС, 2002. — С. 3–7.

18. Шубина О.С., Мельников М.Е., Веретельников И.А. Исследование частотных диапазонов альфа-ритма головного мозга у больных с хронической головной болью напряжения в курсе температурно-электромиографического биоуправления. // Бюлл. сибирской мед. — 2010. — №2. — С. 42–46.

19. Электроэнцефалографическое биоуправление (α-θ-тренинг) для лечения и реабилитации аддитивных состояний (патологических пристрастий) и депрессий. — МЗ РФ — Метод. указания №99/174. — Новосибирск, 2000.

#### REFERENCES

1. Akhmedzhanov E.R. Psychological tests / E.R. Akhmedzhanov. — Moscow: Svetoton, 1995; 320 p. (in Russian).

2. Bizyuk A.P. Compoundum of methods of neuropsychological research. Methodical manual / A.P. Bizyuk. — St. Petersburg: Retch, 2005. — 400 p. (in Russian).

3. D'yakovich M.P., Kazakova P.V. Organization of a study on the integrated assessment of the quality of life of persons with occupational pathology: manual for doctors. — Angarsk, 2012. — 25 p. (in Russian).

4. D'yakovich M.P., Kazakova P.V., Katamanova E.V., Rusanova D.V. Biofeedback use in rehabilitation of chronic mercury intoxication patients // Byull. sibirskoy meditsiny. — 2010. — Vol. 9. — 2. — P. 59–62 (in Russian).

5. Kazakova P.V., Sudakov N.G., Rusanova D.V., et al. Possible use of biofeedback method in rehabilitation of patients with occupational diseases due to exposure to chemical and physical factors // Acta Biomedica Scientifica. — 2012. — 5–2 (87). — P. 12–17 (in Russian).

6. Kunel'skaya N.L., Rezakova N.V., Gudkova A.A., Gekht A.B. Biofeedback method in clinical practice // J. nevrologii i

psikhiatrii im. C.C. Korsakova. — 2014. — 8. — P. — 46–50 (in Russian).

7. Lakhman O.L., Shevchenko O.I. Biofeedback use in treatment of mental and neurologic diseases // Sibirskiy meditsinskiy J (Irkutsk). — 2011. — Vo. 105. — 6. — P. 110–113 (in Russian).

8. Pavlov Yu.G. Influence of EEG-biofeedback on emotional state and personality parameters // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy J. — 2012. — 3. — P. 5–7 (in Russian).

9. Pekker Ya. S., Alifirova V. M., Brazovskaya N. G., et al. Biofeedback: new method of motory disorders correction in multiple sclerosis patients // Byulleten' sibirskoy meditsiny. — 2014. — Vol. 13. — 4. — P. 94–98 (in Russian).

10. Workshop on Experimental and Applied Psychology: Training manual / ed. A.A. Krylov. — Leningrad: Publishing House of the Leningrad University, 1990. — 272 p. (in Russian).

11. Rukavishnikov V.S., Sudakova N.G., Rusanova D.V., Nurbaeva D.Zh. Potential of biofeedback in treatment of vibration disease patients // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. Sotsial'nye, gumanitarnye, mediko-biologicheskie nauki. — 2010. — Vol. 12. — 1–7. — P. 1875–1879 (in Russian).

12. Sidiyagina I.V., Ivanov V.V., Shapovalenko T.V. Potential of myographic BOS-training in rehabilitation of patients with nervous system diseases // Annaly klinicheskoy i eksperimental'noy neurologii. — 2011. — 5. — 1. — P. 24–29 (in Russian).

13. Skok A.B. Biofeedback in clinical practice: review // Nevrologicheskiy J. — 2000. — Vol. 5. — 4. — P. 52–56 (in Russian).

14. Sobchik L.N. Standardized multifactorial method of investigating the personality of MMPI / L.N. Sobchik. — St. Petersburg: Retch, 2000. — 219 p. (in Russian).

15. Shevchenko O.I., Katamanova E.V., Kolesov V.G. Biofeedback in treatment of firemen in long term period after occupational neurointoxication // Sib. nauchnyy med. J. — 2004. — 24. — 3. — P. 30–34 (in Russian).

16. Shtark M.B., Dzhaifarova O.A., Tarasov E.A., Guk R.Yu. Distant rehabilitation of brain catastrophes // Nauka iz pervykh ruk. — 2014. — №2 (56). — P. 54–63 (in Russian).

17. Shtark M.B., Shvarts M.S. Some aspects of biofeedback in editors' interpretation. In: Biofeedback-4: theory and practice. — Novosibirsk: TsERIS, 2002. — P. 3–7 (in Russian).

18. Shubina O.S., Mel'nikov M.E., Veretel'nikov I.A. Studies of frequency range of brain alpha-rhythm in chronic stress headache patients in temperature electromyographic biofeedback course // Byull. sibirskoy meditsiny. — 2010. — 2. — P. 42–46 (in Russian).

19. Electroencephalographic biofeedback (a-q training) for treatment and rehabilitation of addiction states (pathologic craving) and depression. RF Health Ministry. Methodic recommendations. №99/174. — Novosibirsk, 2000 (in Russian).

20. Giggins O.M., Persson U.M., Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation // J Neuroeng Rehabil. — 2013. — Vol. 18. — P. 10–60.

Поступила 09.08.2017

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Дьякович Марина Пинхасовна (Diakovich M.P.),  
вед. науч. сотр. лаб. эколого-гигиенич. иссл. ФГБНУ  
ВСИМЭИ, зав. каф. АНГТУ, д-р биол. наук, проф. E-mail:  
marik914@rambler.ru.

Казакова Полина Валерьевна (Kazakova P.V.),  
мед. психолог ФГБНУ ВСИМЭИ, канд. биол. наук. E-mail:  
Polina25.07@mail.ru.

Русанова Дина Владимировна (Rusanova D.V.),  
ст. науч. сотр. лаб. проф. и экологически обусл. патологии  
ФГБНУ ВСИМЭИ, канд. биол. наук. E-mail: dina.  
rusanova@yandex.ru.

Кулешова Марина Владимировна (Kuleshova M.V.),  
науч. сотр. лаб. эколого-гигиенич. иссл. ФГБНУ ВСИМЭИ,  
канд. биол. наук. E-mail: lmt\_angarsk@mail.ru.

Купцова Наталья Гавриловна (Kuptsova N.G.),  
врач лаб. функц. диагностики клиники ФГБНУ ВСИМЭИ.  
E-mail: natas\_2004@mail.ru.

Шевченко Оксана Ивановна (Shevchenko O.I.),  
ст. науч. сотр. лаб. проф. и экологически обусл. патологии  
ФГБНУ ВСИМЭИ, канд. биол. наук. E-mail: oich68@list.  
ru.

Катаманова Елена Владимировна (Katamanova E.V.),  
и.о. гл. вр. клиники ФГБНУ ВСИМЭИ, д-р мед. наук, доц.  
E-mail: aniimt\_clinic@mail.ru.

Донская Ольга Георгиевна (Donskaya O.G.),  
ст. науч. сотр. гр. математического моделирования биоме-  
дицинских систем ФГБНУ «НИИМББ». E-mail: dolly@  
niimbb.ru.

Джафарова Ольга Андреевна (Dzhaifarova O.A.),  
рук. лаб. компьютерных систем биоуправления ФГБНУ  
«НИИМББ», канд. физ.-мат. наук, доц. E-mail: jafarova@  
niimbb.ru.

УДК 613.632:616.8–08:615.84/85

Русанова Д.В.<sup>1</sup>, Казакова П.В.<sup>1</sup>, Кулешова М.В.<sup>1</sup>, Катаманова Е.В.<sup>1</sup>, Купцова Н.Г.<sup>1</sup>, Тихонова И.В.<sup>1</sup>, Лахман О.А.<sup>1,2</sup>, Панков В.А.<sup>1,2</sup>

## ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ТЕРАПИИ ПАЦИЕНТОВ С ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

<sup>1</sup>ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 12а м/р, 3, г. Ангарск, РФ, 665827;

<sup>2</sup>Иркутская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава РФ, м/р Юбилейный, 100, г. Иркутск, РФ, 664049

Проведено лечение методом импульсной магнитной стимуляции (МС) пациентов с профзаболеваниями от воздействия химических и физических факторов. После применения МС отмечалось улучшение взаимодействия подкорково-стволовых структур и ассоциативных областей лобных и височных долей мозга. Уменьшалось время проведения афферентной волны возбуждения на уровне шейного отдела спинного мозга, время, необходимое для активации нейронов ближнего поля соматосенсорной зоны коры, восстанавливалась скорость проведения импульса по периферическим нервам, снижались уровни эмоциональной напряженности, тревожности, улучшался психологический комфорт пациентов. У пациентов с нейросенсорной тугоухостью (НСТ) улучшаются показатели аудиометрии и данных акуметрии.

**Ключевые слова:** хроническая ртутная интоксикация; вибрационная болезнь; нейросенсорная тугоухость; импульсная магнитная стимуляция; лечение

Rusanova D.V.<sup>1</sup>, Kazakova P.V.<sup>1</sup>, Kuleshova M.V.<sup>1</sup>, Katamanova E.V.<sup>1</sup>, Kuptsova N.G.<sup>1</sup>, Tikhonova I.V.<sup>1</sup>, Lakhman O.L.<sup>1,2</sup>, Pankov V.A.<sup>1,2</sup> **Use of impulse magnetic stimulation in medical rehabilitation for patients with occupational diseases.** <sup>1</sup>East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3, 12a m/d, Angarsk, Russia, 665827; <sup>2</sup>Irkutsk State Medical Academy — Branch of Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, 100, Yubileiniy m/d, Irkutsk, Russian Federation, 664049

Patients with occupational diseases due to physical and chemical factors underwent treatment by impulse magnetic stimulation. Magnetic stimulation improved interaction between subcortical stem structures and associative regions of frontal and temporal brain lobes. There was shorter time of afferent excitation wave conduction at cervical spine level, and time necessary for activation of near-field neurons in somatosensory cortex, restored impulse conduction velocity on peripheral nerves, lower levels of emotional strain, anxiety, better psychologic comfort in patients. Neurosensory deafness patients demonstrated better audiometry parameters and acumetric data.

**Key words:** chronic mercury intoxication; vibration disease; neurosensory deafness; impulse magnetic stimulation; treatment

Иркутская область является высоко урбанизированным регионом РФ, где сохранение здоровья работающих является важнейшей частью развития экономики. Однако на большинстве предприятий по-прежнему отмечается низкий технологический уровень производства, высокая степень износа оборудования, недостаточный уровень темпов модернизации [4]. Указанное предопределяет, что значительная часть трудоспособного населения (более полумиллиона человек) работает в условиях, не отвечающих действующим санитарно-гигиеническим нормативам, подвергается комплексному воздействию неблагоприятных факторов производственной среды. В структуре профессиональной заболеваемости в Иркутской области в 2015 г. лидировали заболевания органов слуха (51,3%), которые были представлены НСТ. Проблема распространенности НСТ многие годы является одной из важнейших в медицине труда и остается актуальной до настоящего времени, динамика показателей пер-

вичных случаев установления заболевания в целом по РФ не имеет тенденции к снижению [3].

Второе место в структуре профзаболеваний (ПЗ) области занимает вибрационная болезнь (ВБ) (26,5%), для которой в настоящее время характерно отсутствие выраженных форм патологии и наличие, в основном, двух клинических синдромов — периферического ангиодистонического и вегетативно-сенсорной полиневропатии верхних конечностей. Другая серьезная проблема медицины труда — профессиональные нейротоксикозы. Занимая небольшую долю среди ПЗ, они характеризуются прогрессивностью течения, стойкой утратой трудоспособности с низкой эффективностью реабилитации. Неблагоприятное состояние условий труда работников химических предприятий стало причиной высокой распространенности хронической ртутной интоксикации (ХРИ) в Иркутской области [1]. О низком уровне реабилитации пациентов с ХРИ свидетельствуют многие авторы [5,6]. Несмотря на

проводимые реабилитационные мероприятия, у 20,2% пострадавших из года в год происходит прогрессирование заболевания. Все вышесказанное определяет необходимость выбора патогенетически обоснованных методов терапии, учитывающих особенности и механизмы формирования упомянутых заболеваний.

В настоящее время возрос интерес к немедикаментозным методам лечения, которые позволяют достигать значительного лечебного эффекта без осложнений и побочных действий, присущих некоторым видам медикаментозной терапии. В области восстановительной медицины при различной соматической патологии широко используется импульсная МС, основанная на принципах электромагнитной индукции. Воздействие МС способствует увеличению церебрального и локального кровотока, улучшению микроциркуляции, проницаемости клеточных мембран, стимуляции процессов репаративной регенерации тканей и их метаболизма [8]. Описан положительный эффект применения МС при лечении неврологических заболеваний [2,7].

Следует отметить, что возможности применения МС в клинике ПЗ до настоящего времени недостаточно изучены, хотя возможно предположить положительное влияние МС на ведущие клинические проявления указанных ПЗ.

**Цель исследования** — оценка эффективности применения импульсной МС при лечении пациентов с профессиональными поражениями от воздействия физических и химических факторов (НСТ, ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации, и ХРИ).

**Материал и методы.** Исследования выполнены среди пациентов, находящихся на лечении в клинике ПЗ. Были обследованы 52 пациента с НСТ профессионального генеза (средний возраст  $53,6 \pm 4,6$  года, средний стаж работы в условиях воздействия шума —  $23,8 \pm 3,6$  года); 24 пациента с ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации (средний возраст  $48,8 \pm 3,4$  года, средний стаж работы в контакте с локальной вибрацией —  $18,1 \pm 3,4$  года); 20 лиц в отдаленном периоде ХРИ I, II стадии (средний возраст  $53,2 \pm 2,3$  года, средний стаж контакта с ртутью —  $18,1 \pm 3,4$ , постконтактный период —  $8,5 \pm 1,2$  года). Все обследованные — лица мужского пола. Лечение осуществлялось магнитным стимулятором «Нейро-МС» ПС014.01.003.001 (ООО «Нейрософт» г. Иваново). Курс лечения — 10–12 сеансов. Пациенты 2- и 3-й групп кроме использованного метода импульсной магнитной стимуляции не получали медикаментозного лечения и коррекции методами физиотерапии; пациентам 1-й группы параллельно с применением магнитной стимуляции проводился пневмомассаж барабанной перепонки.

До и после терапии проводились: электроэнцефалография (ЭЭГ) с регистрацией зрительных и слуховых вызванных потенциалов (ВП), стимуляционная электронейромиография (ЭНМГ), регистрация соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП), экспериментально-психологическое обследование,

включавшее изучение высших психических функций по показателям кратковременной и отсроченной вербальной памяти, образно-зрительной памяти, внимания и психоэмоциональной сферы. Пациентам с ВБ дополнительно проводились: альгезиметрия, вибрационная чувствительность (ВЧ), тепловизиография кистей. Пациентам с НСТ проводилась аудиометрия и акуметрия.

Обследование пациентов соответствовало этическим стандартам в соответствии с Хельсинской декларацией всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека», с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в РФ», утвержденными Приказом Минздрава РФ №266 от 19.06.2003 г. Исследования выполнены с информированного согласия пациентов на участие в них. Исследование одобрено Этическим комитетом ВСНЦ ЭЧ СО РАМН (Протокол №2 от 23.07.2012 г.).

Статистическая обработка результатов осуществлялась при помощи пакета прикладных программ «Statistica 6.0». Для попарного сравнения количественных показателей использовали t-критерий Стьюдента и непараметрический U-критерий Mann-Whitney. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Результаты исследований представлены в виде среднего и ошибки среднего, а также в виде медианы и интерквартильных отрезков.

**Результаты и обсуждение.** На фоне проводимого лечения у пациентов 1 группы отмечено восстановление латентности слуховых (пик P1 с  $175,8 (154,2–178,2)$  мс до  $153,4 (142,0–167,0)$  мс) и зрительных (пик P2 с  $263,6 (245,0–280,0)$  мс до  $242,7 (236,0–260,0)$  мс) ВП ( $p < 0,05$ ). Зарегистрировано улучшение фоновой картины биоэлектрической активности головного мозга, за счет прироста  $\alpha$ -ритма с  $32,7 (23,0–33,0)\%$  до  $37,0 (29,0–39,5)\%$ ,  $p < 0,05$ . Анализ показателей ССВП выявил восстановление до значений нормы латентного периода компонентов N10, N11, N13, уменьшение длительности интервалов N10-N13, N13-N18 и N13-N20 (табл. 1). У пациентов наблюдалось улучшение показателей аудиометрического исследования и данных акуметрии. Зафиксировано улучшение показателей, характеризующих состояние мнестической и аттенционной сфер деятельности: повышение показателей оперативной вербальной памяти (с  $6,99$  ед. до  $8,15$  ед.,  $p < 0,05$ ), продуктивности длительного запоминания (с  $5,64$  ед. до  $6,88$  ед.), объема и устойчивости внимания (с  $1129,9$  ед. до  $1252,6$  ед. и с  $0,005$  ед. до  $0,03$  ед. соответственно,  $p < 0,05$ ).

У пациентов 2-й группы после применения МС увеличивалась интенсивность биоэлектрической активности в  $\alpha$ -диапазоне в затылочных долях и уменьшались общемозговые изменения биоэлектрической активности. Отмечено уменьшение латентности слуховых ВП — пик P1 с  $150 (130–160)$  мс до  $110 (90–123)$  мс, пик P2 с  $240 (215–256)$  мс до  $210 (189–229)$  мс, при  $p < 0,05$ . После проведения курса МС наблюдалось

усиление когерентности в лобных отведениях с 0,35 (0,12–0,5) Гц до 0,46 (0,3–0,6) Гц ( $p<0,05$ ) и с 0,39 (0,17–0,6) Гц до 0,47 (0,3–0,6) Гц ( $p<0,05$ ) в симметричных отделах.

Таблица 1

**Соматосенсорные вызванные потенциалы до и после сеансов импульсной магнитной стимуляции у пациентов с нейросенсорной тугоухостью, М±m**

| Показатель                                 | До лечения | После лечения |
|--------------------------------------------|------------|---------------|
| <b>Длительность латентного периода, мс</b> |            |               |
| Компонент N10                              | 10,86±0,09 | 10,34±0,07*   |
| Компонент N11                              | 12,64±0,14 | 11,03±0,08**  |
| Компонент N13                              | 14,38±0,14 | 12,11±0,09*   |
| <b>Длительность интервалов, мс</b>         |            |               |
| N10-N13, мс                                | 3,29±0,16  | 2,75±0,10**   |
| N13-N18, мс                                | 5,39±0,18  | 4,21±0,16**   |
| N13-N20, мс                                | 7,12±0,17  | 6,2±0,24**    |

Примечания: 1. Статистически значимые различия между группами: \* —  $p<0,05$ , \*\* —  $p<0,01$ . 2. Компоненты: N10 — потенциал действия нервных волокон плечевого сплетения; N11, N13 — постсинаптическая активация задних рогов спинного мозга. 3. Интервалы: N10-N13 — проведение от плечевого сплетения до нижних отделов ствола мозга; N13-N18 — проведение от шейного утолщения до вентропостеролатерального ядра таламуса; N13-N20 — проведение от нижних отделов ствола до коры головного мозга.

Таблица 2

**Соматосенсорные вызванные потенциалы до и после сеансов импульсной магнитной стимуляции у пациентов с вибрационной болезнью, М±m**

| Показатель                         | До лечения | После лечения |
|------------------------------------|------------|---------------|
| <b>Значение латентного периода</b> |            |               |
| Компонент N11, мс                  | 11,9±0,02  | 10,7±0,07**   |
| Компонент N13, мс                  | 14,5±0,11  | 13,4±0,04*    |
| Компонент P25, мс                  | 24,6±0,04  | 23,6±0,03*    |
| <b>Длительность интервалов, мс</b> |            |               |
| N10-N13, мс                        | 4,10±0,03  | 3,10±0,01**   |
| N13-N18, мс                        | 5,12±0,02  | 4,02±0,10*    |
| N18-N20, мс                        | 2,09±0,04  | 1,46±0,01*    |
| N13-N20, мс                        | 6,64±0,30  | 5,84±0,11**   |

Примечания: 1. Статистически значимые различия между группами: \* —  $p<0,05$ , \*\* —  $p<0,01$ . 2. Компоненты: N11, N13 — постсинаптическая активация задних рогов спинного мозга; P25 — активация нейронов в результате прихода к коре сенсорной посылки от таламических ядер. 3. Интервалы: N10-N13 — проведение от плечевого сплетения до нижних отделов ствола мозга; N13-N18 — проведение от шейного утолщения до вентропостеролатерального ядра таламуса; N13-N20 — проведение от нижних отделов ствола до коры головного мозга.

Анализ показателей регистрации ССВП выявил восстановление латентного периода N11, N13, P25, уменьшение интервалов N10-N13, N13-N18, N18-N20

и N13-N20 (табл. 2). Отмечалось восстановление скорости проведения импульса (СПИ) по дистальным отделам срединного (с 49,8±1,16 м/с до 56,4±1,19 м/с,  $p<0,05$ ) и большеберцового (с 37,9±1,05 м/с до 41,6±1,03 м/с,  $p<0,05$ ) нервов. По локтевому нерву восстанавливалась СПИ в области локтевого сустава (с 47,1±2,11 м/с до 54,5±1,48 м/с,  $p<0,05$ ).

По данным тепловизографии кистей наблюдалось увеличение средней температуры на 1–4 пальцах с 31,6°C до 33,8°C ( $p<0,01$ ) и с 32,7°C до 34,2°C ( $p<0,05$ ) — на m. thenar. По данным ВЧ отмечалось увеличение на груди, локтевом отростке, фаланге 2 пальца кисти, выступающей части внутренней лодыжки (63 Гц); локтевом отростке, 1 пальце стопы (125 Гц); скуловой кости, локтевом отростке, фаланге 2 пальца кисти, 1 пальце стопы (250 Гц). При проведении альгезиметрии увеличивались показатели на груди (с 0,52±0,08 мм до 0,47±0,05 мм,  $p<0,05$ ), фаланге 2 пальца кисти (с 0,70±0,07 мм до 0,47±0,01 мм,  $p<0,01$ ), выступающей части внутренней лодыжки (с 0,71±0,01 мм до 0,59±0,02 мм,  $p<0,05$ ). После сеансов МС у пациентов с ВБ улучшились значения показателей мнестической и аттенционной сфер деятельности: оперативной и вербальной памяти (с 5,82 ед. до 7,13 ед.,  $p<0,05$ ), продуктивности долговременного запоминания (с 4,09 ед. до 5,91 ед.), объема (с 979,1 ед. до 1147,1 ед.,  $p<0,05$ ) и устойчивости внимания (с 0,006 ед. до 0,002 ед.,  $p<0,05$ ). Снижались уровни личностной и ситуативной тревожности (с 45,6 до 40,5 баллов и с 41,0 до 32,3 баллов соответственно,  $p<0,05$ ), депрессии (с 41,9 до 35,2 баллов,  $p<0,05$ ), улучшались сон, душевное состояние, т. е. снизился уровень эмоциональной напряженности, тревожности.

После применения транскраниальной МС в лечении пациентов 3 группы установлено увеличение интенсивности биоэлектрической активности в  $\alpha$ -диапазоне в затылочных долях, уменьшение общемозговых изменений на ЭЭГ. Усиливались ослабленные внутрислоушарные когерентные связи в лобных отведениях (с 0,36 до 0,45 Гц), повышалась амплитуда когнитивных ВП (с 1,72 (0,79–2,29) мВ до 3,62 (1,87–4,77) мВ,  $p<0,05$ ). По данным ССВП восстанавливалась латентность N11, N13, N30, уменьшалась длительность N10-N13, N11-N13 (табл. 3). Увеличивалась СПИ по дистальному отделу срединного и локтевого нервов с 47,5 м/с до 52,9 м/с ( $p<0,001$ ) и с 42,2 м/с до 53,9 м/с ( $p<0,01$ ) соответственно.

После применения импульсной МС у обследованных наблюдалось достоверное снижение уровней депрессии (с 73,8 до 68,8 баллов,  $p<0,05$ ), ситуативной и личностной тревожности (с 54,4 до 49,1 баллов и с 51,6 до 47,7 баллов соответственно,  $p<0,05$ ), улучшение сна (с 25,0 до 36,0 баллов,  $p<0,05$ ), физической активности (с 26,7 до 40,0 баллов,  $p<0,05$ ), душевного состояния (с 34,0 до 37,3 баллов), что свидетельствует о снижении уровней эмоциональной напряженно-

сти, тревожности и об улучшении психологического комфорта пациентов.

Таблица 3  
**Изменение показателей регистрации ССВП до и после сеансов терапии у пациентов с ХРИ, М±m**

| Показатель                         | До лечения | После лечения | Значение р |
|------------------------------------|------------|---------------|------------|
| <b>Значение латентного периода</b> |            |               |            |
| Компонент N11, мс                  | 12,82±0,24 | 11,08±0,22    | p<0,05     |
| Компонент N13, мс                  | 14,65±0,19 | 13,49±0,24    | p<0,05     |
| Компонент, N30, мс                 | 33,12±0,52 | 31,51±0,45    | p<0,05     |
| <b>Длительность интервалов, мс</b> |            |               |            |
| N10-N13, мс                        | 4,27±0,24  | 2,89±0,31     | p<0,01     |
| N11-N13, мс                        | 1,98±0,19  | 1,44±0,10     | p<0,05     |

Таким образом, при применении МС у пациентов с ПЗ от воздействия как физических, так и химических производственных факторов, выявились изменения в ЦНС, заключающиеся в улучшении взаимодействия подкорково-стволовых структур, ассоциативных областей лобных и височных долей мозга, увеличении интенсивности биоэлектрической активности в альфа-диапазоне, уменьшении общемозговых изменений, усилении когерентности в лобных отведениях в симметричных отделах, тенденции к нормализации когерентных связей  $\alpha$ -диапазона в височных отведениях. У пациентов отмечалось уменьшение времени проведения афферентной волны возбуждения на уровне шейного отдела спинного мозга и подкорковых структур, уменьшалось время, необходимое для активации нейронов ближнего поля соматосенсорной зоны коры ассоциативных областей мозга при токсических поражениях. МС позволяет восстановить ранее сниженную скорость проведения импульса по периферическим нервам на верхних и нижних конечностях. У пациентов с НСТ отмечалось улучшение показателей аудиометрического исследования и данных акуметрии, разборчивости речи, снижалась интенсивность шума в ушах. У пациентов с ВБ наблюдалось снижение порогов вибрационной и болевой чувствительности, увеличение температуры кистей рук. По данным психологического тестирования у пациентов после лечения МС снижался уровень эмоциональной напряженности, тревожности. У пациентов с НСТ и ВБ наблюдалось повышение показателей оперативной вербальной памяти, продуктивности долговременного запоминания, объема и устойчивости внимания. В отдаленном периоде ХРИ снижались уровни депрессии и тревожности, улучшался сон. В целом отмечалось улучшение психологического комфорта всех лиц, прошедших сеансы терапии.

#### Выводы:

1. После применения импульсной МС при различной профессиональной патологии пациенты с НСТ после лечения отмечают улучшение разборчивости речи в 62% случаев и снижение интенсивности шума в ушах и голове в 44% случаев. У 52% обследо-

ванных восстановилась до нормативных значений латентность пика Р200 зрительных вызванных потенциалов.

2. При ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации, по данным ЭЭГ у 45,8% отмечено уменьшение очаговой патологической активности. По результатам ЭНМГ обследования, в 30% случаев восстанавливалась СПИ по нервам на руках.

3. У пациентов в отдаленном периоде ХРИ при исследовании когнитивных вызванных потенциалов в 70% случаев наблюдалось увеличение амплитуды Р300 до нормативных значений, в 20% случаев восстанавливалась СПИ по нервам нижних конечностей.

4. Применение импульсной МС в клинике ПЗ позволит повысить эффективность лечебного процесса, улучшая при этом функциональное и психоэмоциональное состояние пострадавших. Импульсной МС не является дорогостоящим лечением, не требует пребывания пациента в стационаре и позволяет сократить затраты на лечение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES п. 8)

1. Лахман О.А., Рукавишников В.С., Шаяхметов СФ. и др. Профессиональные нейротоксикации: клинко-экспериментальные исследования // Мед. труда и пром. экология. — 2015. — №9. — С. 82–83.
2. Никитин С.С., Куренков А.А. Магнитная стимуляция в диагностике и лечении болезней нервной системы. — М.: САНКО. — 2007. — 378 с.
3. Панков В.А., Тюткина Г.А., Кулешова М.В., Корчуганова Л.Ф. Динамика профессиональной заболеваемости в иркутской области // Сиб. мед. ж-л. — 2012. — №7. — С. 81–84.
4. Панкова В.Б., Бушманов А.Ю. Проблемы тугоухости у лиц летных профессий гражданской авиации России // Вестник оториноларингологии, 2014. — №6. — С. 27–30.
5. Самосват С.М., Губанова Т.Д., Соловьева И.Ю. Профессиональная хроническая ртутная интоксикация: проблемы медико-социальной экспертизы и реабилитации в современных социально-экономических условиях // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. — №1(65). — 2009. — С. 191–194.
6. Соловьева И. Ю. Дьякович М.П. Проблемы реабилитации пострадавших вследствие хронической ртутной интоксикации профессионального генеза // Медико-соц. экспертиза и реабилит. — 2012. — №4. — С. 10–14.
7. Червяков А.В., Пирадов М.А., Савицкая Н.Г. и др. Новый шаг к персонализированной медицине. Навигационная система транскраниальной магнитной стимуляции (NBS eximia nexstim) // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. — 2012. — Т. 6. — №3. — С. 37–46.

#### REFERENCES

1. Lakhman O.L., Rukavishnikov V.S., Shayakhmetov S.F. et al. Occupational neurointoxications: clinical experimental studie // Industr. med. — 2015. — 9. — P. 82–83 (in Russian).

2. Nikitin S.S., Kurenkov A.L. Magnetic stimulation in diagnosis and treatment of nervous system diseases. — Moscow: SASHKO, 2007. — 378 p. (in Russian).

3. Pankov V.A., Tyutkina G.A., Kuleshova M.V., Korchuganova L.F. Changes in occupational morbidity in Irkutsk region // Sibirskiy meditsinskiy J. — 2012. — 7. — P. 81–84 (in Russian).

4. Pankova V.B., Bushmanov A.Yu. Deafness problems in pilot occupations of Russian civil aviation // Vestnik otorinolaringologii. — 2014. — 6. — P. 27–30 (in Russian).

5. Samosvat S.M., Gubanova T.D., Solov'eva I.Yu. Occupational chronic mercury intoxication: problems of medical social examination and rehabilitation in contemporary social economic conditions // Byul. VSNTs SO RAMN. — 1(65). — 2009. — P. 191–194 (in Russian).

6. Solov'eva I. Yu. D'yakovich M.P. Problems of rehabilitation of sufferers from chronic occupational mercury intoxication // Mediko-sotsial'naya ekspertiza i reabilitatsiya. — 2012. — 4. — P. 10–14 (in Russian).

7. Chervyakov A.V., Piradov M.A., Savitskaya N.G. et al. New step to personified medicine. Navigation system of transcranial magnetic stimulation (NBS eximia nexstim) // Annaly klinicheskoy i eksperimental'noy nevrologii. — 2012. — Vol. 6: 3. — P. 37–46 (in Russian).

8. Hamano T., Kaji R., Fukuyama H. Lack of prolonged cerebral blood flow change after transcranial magnetic stimulation // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. — 1993. — №89 (4). — P. 207–210.

Поступила 09.08.2017

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Русанова Дина Владимировна (Rusanova D.V.),  
ст. науч. сотр. лаб. проф. и эколог. обусл. патологии ФГБНУ  
ВСИМЭИ, канд. биол. наук. E-mail: dina.rusanova@yandex.ru.

Кулешова Марина Владимировна (Kuleshova M.V.),  
науч. сотр. лаб. эколого-гигиенич. исследований ФГБНУ  
ВСИМЭИ, канд. биол. наук. E-mail: lmt\_angarsk@mail.ru.

Катаманова Елена Владимировна (Katamanova E.V.),  
и.о. гл. вр. клиники ФГБНУ ВСИМЭИ, д-р мед. наук, доц.  
E-mail: aniimt\_clinic@mail.ru.

Казакова Полина Валерьевна (Kazakova P.V.),  
мед. психолог ФГБНУ ВСИМЭИ, канд. биол. наук. E-mail:  
Polina25.07@mail.ru.

Купцова Наталья Гавриловна (Kuptsova N.G.),  
врач лаб. функц. диагностики клиники ФГБНУ ВСИМЭИ.  
E-mail: natas\_2004@mail.ru.

Тихонова Инна Владимировна (Tikhonova I.V.),  
зав. консультативно-диагностич. отд. клиники ФГБНУ  
ВСИМЭИ, канд. мед. наук. E-mail: aniimt\_clinic@mail.ru.

Лакхман Олег Леонидович (Lakhman O.L.),  
и.о. дир. ФГБНУ ВСИМЭИ, зав. каф. профпатологии и  
гигиены ИГМАПО — филиал ФГБОУ ДПО РМАН-  
ПО Минздрава РФ, д-р мед. наук, проф. РАН. E-mail:  
lakhman\_o\_l@mail.ru.

Панков Владимир Анатольевич (Pankov V.A.),  
зав. лаб. эколого-гигиенич. исследований ФГБНУ ВСИ-  
МЭИ, д-р мед. наук. E-mail: lmt\_angarsk@mail.ru.

УДК 615.9:616.8]:616.1–07:577.1

Наумова О.В., Кудяева И.В., Маснавиева Л.Б., Катаманова Е.В.

## ДИСФУНКЦИЯ ЭНДОТЕЛИЯ КАК ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИЙ ФАКТОР ТОКСИЧЕСКОЙ ЭНЦЕФАЛОПАТИИ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ РТУТИ

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 12а м/р, 3, г. Ангарск, РФ, 665827

Обследованы 124 работника со стажем работы в контакте с парами металлической ртути от 9 до 28 лет, 18 пациентов с хронической ртутной интоксикацией (ХРИ) без токсической энцефалопатии и 41 — с ХРИ, имеющих токсическую энцефалопатию (ТЭ). Установлено, что у лиц, экспонированных ртутью, наблюдаются изменения в содержании биохимических маркеров эндотелиальной дисфункции: снижение уровня оксида азота, повышение содержания ангиотензина II. У пациентов с ХРИ выявлено повышение уровня серотонина и эндотелина-1, снижение концентрации sICAM-1, при этом у лиц с токсической энцефалопатией отмеченные изменения сопровождались изменением уровней sVCAM и гистамина. Таким образом, у лиц с токсической энцефалопатией при ХРИ изменения показателей эндотелиальной дисфункции имеют одинаковую направленность и носят более выраженный характер по сравнению с пациентами без токсической энцефалопатии.

**Ключевые слова:** хроническое воздействие ртути; эндотелиальная дисфункция; токсическая энцефалопатия

Naumova O.V., Kudyaeva I.V., Masnavieva L.B., Katamanova E.V. **Endothelial dysfunction as a pathogenetic factor of toxic encephalopathy in chronic exposure to mercury.** East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3, 12a m/d, Angarsk, Russian Federation, 665827

Examination covered 124 workers with occupational exposure to metallic mercury vapors from 9 to 28 years, 18 patients with chronic mercury intoxication without toxic encephalopathy, and 41 ones with chronic mercury intoxication with toxic encephalopathy. Findings are that individuals exposed to mercury demonstrate altered content of biochemical markers of endothelial dysfunction: lower nitrogen oxide level, increased angiotensin II level. The patients with chronic mercury intoxication demonstrated increased serotonin and endothelin-1 levels, lower concentration of sICAM-1, with that individuals having toxic encephalopathy the changes were associated with altered levels of sVCAM and histamine. Thus, individuals with toxic encephalopathy and chronic mercury intoxication have same direction of change in endothelial dysfunction parameters that are more marked than in patients without toxic encephalopathy.

**Key words:** *chronic exposure to mercury; endothelial dysfunction; toxic encephalopathy*

В литературе представлено много работ, посвященных дисфункции эндотелия (ДЭ) как одному из звеньев патологического процесса в развитии таких заболеваний как сахарный диабет, бронхиальная астма, болезни печени и сердечно-сосудистой системы [2]. Одной из причин развития ДЭ является повреждающее действие на эндотелий сосудов провоспалительных факторов, запускающих каскад процессов от локальной вазоконстрикции до процессов ремоделирования сосудистой стенки [1]. При этом существуют данные о том, что фактором риска для развития ДЭ может являться воздействие ртути [14].

**Цель исследования** — установить особенности развития ДЭ у лиц с токсической энцефалопатией, обусловленной воздействием ртути.

**Материалы и методы.** В условиях клиники профзаболеваний ФГБНУ ВСИМЭИ обследованы 173 мужчины, контактирующих в профессиональной деятельности с металлической ртутью, из которых сформированы три группы: I группа состояла из 124 работников в возрасте 33–55 лет со стажем работы от 9 до 28 лет; группа II — из 18 пациентов с ХРИ без ТЭ (возраст 47–51 год, стаж 12–24 года), группа III — из 41 пациента с ХРИ, имеющих ТЭ (возраст 52–58 лет, стаж 11–20 лет).

Методом твердофазного иммуноферментного анализа в сыворотке крови исследуемых было изучено содержание эндотелина (ЭТ-1), серотонина, гистамина, ангиотензина II, межклеточных и сосудистых молекул адгезии (sICAM-1) и (sVCAM-1). Фактора роста эндотелия сосудов (VEGF) — при помощи соответствующих тест-систем (Biomedica Endotelin (1–21) (Biomedica gruppe, Австрия), Serotonin и Histamine (LDN, Германия), Human Angiotensin II ELISA Kit (RayBiotech, Inc, США), Human sICAM-1 Platinum ELISA и Human sVCAM-1 Platinum ELISA (eBioscience, Австрия) и VEGF-ИФА-БЕСТ (Вектор Бест, Россия). Так как оксид азота (NO) является короткоживущей молекулой, его уровень оценивали по суммарному количеству стабильных метаболитов ( $\text{NO}_x$ ) — нитритов и нитратов, определяемых спектрофотометрическим методом с использованием реактива Грисса. Концентрация общего холестерина (ХС), ХС липопротеинов высокой плотности (ЛПВП), триглицеридов (ТГ) и фосфолипидов (ФЛ) определялась ферментативным колориметрическим методом с использованием тестов Cholesterol

liquicolor, Triglycerides liquicolormono (Human, Германия) и Phospholipids (SENTINEL, Италия) соответственно. Содержание ХС липопротеинов очень низкой плотности (ЛПОНП) и ХС липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) оценивалось по формулам Friedwald. Индекс атерогенности (ИА) рассчитывали отношением суммы атерогенных фракций ХС к неатерогенным.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы Statistica 6.0 Stat\_Soft® Inc. Сравнение изучаемых показателей осуществлялось методами Краскела-Уоллиса и U-критерий Манна-Уитни с применением поправки Бонферрони. Межгрупповое сравнение частот отклонений от нормы в содержании изучаемых маркеров проводилось с использованием  $\chi^2$  Пирсона. При проверке статистических гипотез критический уровень значимости  $p$  принимался равным 0,05 для тестов Краскела-Уоллиса и  $\chi^2$ , 0,016 — для U-критерия Манна-Уитни.

**Результаты и их обсуждение.** При развитии ДЭ важную роль играют факторы, обладающие вазоконстрикторными/дилататорными свойствами и регулирующие тонус сосудов. Известно, что гистамин вызывает дилатацию артериол за счет увеличения проницаемости сосудов, что способствует выделению оксида азота через сосудистый эндотелий [8]. Наиболее низкие значения гистамина были характерны для пациентов с ХРИ, имеющих ТЭ ( $p < 0,001$  при сравнении групп I и III и  $p = 0,015$  — для групп II и III).

Одним из главных эндотелиальных факторов релаксации является NO. В изучаемых группах уровень метаболитов NO не различался и был ниже контрольных величин (32,5–45,6 мкМ/л) (табл. 1). Ранее было показано, что при воздействии ртути и некоторых других токсикантов отмечается снижение его содержания в крови [6]. Постоянно синтез NO осуществляется в эндотелиальных клетках сосудов и в нейронах эндотелиальной и нейрональной формами NO-синтазы. Даже локальное снижение уровня NO в мозге может способствовать развитию ишемических нарушений и провоцировать увеличение проницаемости гемато-энцефалического барьера (ГЭБ) [9]. Снижение концентрации NO в крови является одним из факторов риска развития ишемических нарушений и артериальной гипертензии [10].

Уровень серотонина у пациентов II и III групп был выше, чем в группе I ( $p = 0,001$  и  $p < 0,001$  соответствен-

но), различий в его содержании у пациентов II и III групп не выявлено ( $p=0,301$ ). Показано, что серотонин в зависимости от его концентрации и исходного состояния стенки сосудов способен оказывать вазоконстрикторное действие, способствуя повреждению эндотелия, а также может снижать тонус сосудов. Так, одними исследованиями показано, что при увеличении содержания серотонина в плазме крови отмечено снижение тонуса церебральных сосудов, их перерастяжение и развитие периваскулярного отека [4], в других работах установлено усиление сосудосуживающего действия ангиотензина II [2,10].

Концентрации ангиотензина II в изучаемых группах не различались, но превышали референтные уровни (0,01–0,06 нг/л) в 100%, 85% и 91% случаев в группах I–III соответственно. Известно, что ангиотензин II является стимулятором роста, провоспалительным и атерогенным фактором, а также он может оказывать стимулирующее действие на синтез ЭТ-1 [4]. Следовательно, при повышении в крови уровня ангиотензина II можно ожидать увеличение содержания ЭТ-1. Установлено, что его уровень у пациентов с ТЭ был выше, чем у работающих ( $p=0,013$ ), при этом содержание указанного показателя у пациентов II группы не различалось по сравнению с группами I и III ( $p=0,058$  и  $p=0,748$  соответственно). Так как ЭТ-1 является сосудосуживающим агентом, можно предположить, что

его повышение в крови будет сопровождаться повышением вазоконстрикции.

Таким образом, у лиц, контактирующих с ртутью, независимо от наличия или отсутствия профессионального заболевания, отмечается снижение содержания NO и повышение ангиотензина. У пациентов с ХРИ выявлено повышение уровней серотонина и ЭТ-1, а у лиц с ТЭ — описанные выше изменения показателей, сопровождаются снижением концентрации гистамина, что усиливает нарушение равновесия вазоконстрикция — вазодилатация и вызывает преобладание констрикторных механизмов регуляции сосудистого тонуса.

В патогенезе ДЭ большое значение имеет повышение адгезивности эндотелия, при этом происходит взаимодействие лейкоцитов с эндотелием посредством эндотелиальных молекул адгезии sICAM-1 и sVCAM-1. На покоящихся эндотелиальных клетках экспрессия sICAM-1 незначительна, а sVCAM-1 — отсутствует, но при активации эндотелия она быстро усиливается. Снижение sICAM-1 может являться одним из маркеров нарушения ЦНС, связанного с нарушением ГЭБ, а повышение sVCAM-1 — риском развития инфаркта миокарда [15]. Выявлено, что уровень sICAM-1 у пациентов с ХРИ был ниже, чем у рабочих ( $p=0,004$  и  $p=0,009$  для групп III и II соответственно), но не различался между группами II и III ( $p=0,199$ ).

Таблица 1

**Концентрация маркеров эндотелиальной дисфункции у лиц, экспонированных ртутью, Med (Q25-Q75)**

| Показатель                            | Группа I         | Группа II         | Группа III        | p     |
|---------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------|
| Гистамин, нг/мл                       | 2,4 (1,6–2,9)    | 1,6 (1,2–2,5)     | 1,1 (0,5–2,4)*,v  | 0,000 |
| Метаболиты оксида азота, мкМ/л        | 26,4 (11,8–43,8) | 28,3 (24,4–34,5)  | 24,6 (20,1–27,1)  | 0,380 |
| Серотонин, нг/мл                      | 48 (22–159)      | 514 (77–6182)*    | 196 (82–854)*     | 0,000 |
| Ангиотензин II, нг/мл                 | 0,43 (0,03–2,25) | 0,39 (0,27–0,69)  | 0,33 (0,24–0,70)  | 0,960 |
| Эндотелин-1, фМ/мл                    | 0,82 (0,50–1,44) | 1,04 (0,94–1,83)* | 1,18 (0,94–1,48)* | 0,004 |
| Межклеточные молекулы адгезии, нг/мл  | 586 (327–732)    | 384 (235–474)*    | 379 (304–504)*    | 0,000 |
| Сосудистые молекулы адгезии, нг/мл    | 724 (390–1006)   | 880 (654–1261)    | 1109 (588–2244)*  | 0,015 |
| Фактор роста эндотелия сосудов, пг/мл | 283 (186–489)    | 129 (46–218)*     | 187 (109–310)*    | 0,000 |

Примечания: p — уровень статистической значимости различий по тесту Краскела-Уоллиса; \* — различия статистически значимы по сравнению с группой I по U-критерию Манна-Уитни, v — различия статистически значимы по сравнению с группой II по U-критерию Манна-Уитни.

Таблица 2

**Показатели липидного обмена у лиц, экспонированных ртутью, Med (Q25-Q75)**

| Показатель             | Группа I         | Группа II         | Группа III        | p     |
|------------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------|
| Общий холестерин, мМ/л | 4,9 (4,4–5,7)    | 5,3 (4,6–6,4)     | 5,2 (4,4–5,8)     | 0,270 |
| ХС ЛПВП, мМ/л          | 0,98 (0,86–1,14) | 1,06 (0,94–1,45)* | 1,05 (0,89–1,30)  | 0,113 |
| ХС ЛПНП, мМ/л          | 3,4 (2,9–4,0)    | 3,4 (3,0–4,4)     | 3,2 (2,5–4,0)     | 0,421 |
| Триглицериды, мМ/л     | 1,01 (0,77–1,39) | 1,50 (1,22–1,84)* | 1,72 (1,00–2,19)* | 0,000 |
| ХС ЛПОНП, мМ/л         | 0,46 (0,35–0,64) | 0,69 (0,56–0,84)* | 0,79 (0,46–1,00)* | 0,000 |
| Индекс атерогенности   | 4,2 (3,1–5,1)    | 3,6 (2,8–5,3)     | 4,1 (2,9–5,1)     | 0,700 |
| Фосфолипиды, мМ/л      | 2,9 (2,5–3,2)    | 3,5 (3,2–3,6)*    | 3,1 (2,5–3,5)     | 0,019 |

Примечания: p — уровень статистической значимости различий по тесту Краскела-Уоллиса; \* — различия статистически значимы по сравнению с группой I по U-критерию Манна-Уитни.

Содержание sVCAM-1, наоборот, у пациентов с ТЭ было выше, чем у рабочих ( $p=0,002$ ). Различий в концентрации указанного показателя между группами I и II выявлено не было ( $p=0,335$ ). Известно, что при повреждении эндотелия увеличивается синтез VEGF, который стимулирует рост эндотелиальных клеток и восстановление сосуда [3]. Однако его концентрация у пациентов с ХРИ была значимо ниже, чем у работающих ( $p=0,010$  и  $p=0,001$  соответственно). У пациентов II и III групп не выявлено различий в содержании данного показателя ( $p=0,181$ ).

Полученные данные свидетельствуют, что у пациентов без ТЭ наблюдается снижения постоянно экспрессируемой формы адгезивных молекул sICAM-1, а у пациентов с ТЭ данный процесс протекает на фоне повышения содержания индуцибельной формы молекул адгезии sVCAM-1. Сниженные уровни VEGF у пациентов с ХРИ, указывающие на снижение способности к восстановлению сосудов, на фоне изменения их адгезивности усугубляют выявленные нарушения в регуляции тонуса сосудов.

При изучении показателей липидного обмена было выявлено, что содержание ХС в группах не различалось, но его средние значения в группах II и III были на уровне или выше референтной границы (3,1–5,2 мм/л). У лиц с ХРИ отмечалось повышение уровней ТГ и ХС ЛПОНП по сравнению с рабочими ( $p=0,011$  и  $p=0,096$  при сравнении уровней ТГ и  $p=0,01$  и  $p<0,001$  при сравнении ХС ЛПОНП II и III групп соответственно) (табл. 2). Анализ содержания ХС ЛПНП и ХС ЛПВП не выявил межгрупповых различий у лиц I–III групп. Значения ИА в группах не различались и в 39–50% случаев выходили за границы референтного диапазона (2,0–4,0). Концентрация ФЛ в группе II была выше, чем в группе I ( $p=0,005$ ), различия с группой III не достигали уровня статистической значимости ( $p=0,072$ ). При сравнении значений данного показателя в группах II и III различия не выявлены ( $p=0,181$ ).

Анализируя изменения в липидном спектре у лиц, контактирующих с ртутью, следует отметить, что у пациентов с ХРИ изменения во фракциях холестерина имели проатерогенную направленность — повышение уровней ТГ и ХС ЛПОНП. При этом у пациентов без ТЭ выявлено увеличение неатерогенной фракции — ХС ЛПВП, которое, возможно, является компенсаторным механизмом сдерживания развития атерогенных процессов, а также поддержания уровня NO в период до формирования клинической стадии ТЭ, так как доказано, что ЛПВП повышают образование NO [13]. Также для пациентов группы II было характерно повышение уровня ФЛ, которые входят в состав клеточных мембран. Следовательно увеличение их концентрации может вызвать увеличение вязкости мембран.

Как было показано ранее, воздействие ртути вызывает активацию перекисного окисления липидов и образования свободных радикалов [9], что приводит к повреждению клеточных мембран. Эти процессы

запускают механизмы, ведущие к ранним проатерогенным изменениям показателей липидного обмена (повышение уровней ХС, ТГ, ХС ЛПНП, ФЛ, снижение акцепторных свойств ЛПВП и содержания ХС ЛПВП) [5]. Увеличение вязкости мембран, вызванное повышенным содержанием ФЛ, может привести к нарушению интегральных белков, передачи нейромедиаторов [12] и формированию ДЭ. В свою очередь, ДЭ, включающая срыв вазоконстрикторной ауторегуляции сосудов мозга, вызывает развитие фильтрационного отека мозга, нарушение проницаемости ГЭБ (что было доказано в экспериментальных исследованиях воздействия ртути на лабораторных животных [11,12]) а также изменене функционального состояния ЦНС и трофики нейронов, которые являются причиной формирования ТЭ [11,12].

#### Выводы:

1. У лиц, контактирующих с ртутью, отмечается снижение содержания NO и повышение ангиотензина. У пациентов с ХРИ также выявлены нарушения в регуляции тонуса сосудов, заключающиеся в повышении уровней вазоконстрикторов (серотонина, ЭТ-1), на фоне изменения показателей адгезивности сосудов (снижение уровня sICAM-1) и уменьшения способности к их восстановлению.

2. У пациентов с ТЭ отмечались все вышеуказанные изменения показателей ДЭ, которые сопровождались снижением концентрации гистамина, усиливающим вазоконстрикцию сосудов, и повышением содержания sVCAM-1.

3. У пациентов с ХРИ с ТЭ и без таковой изменения показателей ДЭ имеют одинаковую направленность, но носят более выраженный характер у лиц с ТЭ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 13–15)

1. Бережная Н.М. Цитокиновая регуляция при патологии: стремительное развитие и неизбежные вопросы // Цитокины и воспаление. — 2007. — Т. 6. — №2. — С. 26–34.
2. Воронина Л.П. Генетические, биохимические и функциональные маркеры состояния вазорегулирующей функции эндотелия // Сиб. мед. ж-л. — 2011. — №3. — С. 29–31.
3. Гавриленко Т.И., Рыжкова Н.А., Пархоменко А.Н. Сосудистый эндотелиальный фактор роста в клинике внутренних заболеваний и его патогенетическое значение // Украинский кардіолог. ж-л. — 2011. — №4. — С. 87–95.
4. Иззати-заде К.Ф., Баши А.В., Демчук Н.Д. Нарушения обмена серотонина в патогенезе заболеваний нервной системы // Ж-л неврологии и психиатрии. — 2004. — Т. 104. — №9. — С. 620–670.
5. Кудяева И.В., Бударина Л.А. Динамическое исследование липидного обмена у рабочих, контактирующих с ртутью // Фундаментальные исследования. — 2012. — №5–1. — С. 52–57.
6. Кудяева И.В., Маснавицева Л.Б. Влияние химических веществ различной природы на показатели окислительного стресса // Мед. труда и пром. эколог. — 2008. — №8. — С. 17–24.

7. Кудяева И.В., Маснавиева Л.Б. Бударина Л.А. Ответная реакция системы антиоксидантных хелаторов у работающих в динамике хронической экспозиции промышленными токсикантами // *Acta Biomedica Scientifica*. — 2013. — Т. 91. — №3-2. — С. 22-26.

8. Кузнецова В.А., Соловьева А.Г. Оксид азота: свойства, биологическая роль, механизмы действия // *Современные проблемы науки и образования*. — 2015. — №4; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21037> (дата обращения: 04.08.2017).

9. Манухина Е.Б. Оксид азота в сердечно-сосудистой системе: роль в адаптационной защите // *Вестник РАМН*. — 2000. — №4. — С. 16-21.

10. Михно В.А., Никитина И.Л. Дисфункция эндотелия как фактор риска сахарного диабета и сердечнососудистой патологии // *Забайкальский мед. вестн.* — 2009. — №1. — С. 53-64.

11. Рукавишников В.С., Лахман О.А., Соседова Л.М. и др. Профессиональные нейротоксикации: закономерности и механизмы формирования // *Мед. труда и пром. эколог.* — 2014. — №4. — С. 1-6.

12. Соседова Л.М., Кудяева И.В., Титов Е.А. и др. Морфологические и нейрхимические эффекты в отдаленном периоде ртутной интоксикации (эксперимент. данные) // *Мед. труда и пром. эколог.* — 2009. — №1. — С. 37-42.

## REFERENCES

1. Berezhnaya N.M. Cytokine regulation in disease: impetuous development and inevitable questions // *Tsitotokciny i vospalenie*. — 2007. — Vol 6. — 2. — P. 26-34 (in Russian)/

2. Voronina L.P. Genetic, biochemical and fuctional markers of vasoregulating function of endothelium *Sibirskiy meditsinskiy J.* — 2011. — 3. — P. 29-31 (in Russian).

3. Gavrilenko T.I., Ryzhkova N.A., Parkhomenko A.N. Vascular endothelial growth factor in internal medicine clinic and its pathogenetic value // *Ukrains'kiy kardiologichniy J.* — 2011. — 4. — P. 87-95 (in Russian).

4. Izzati-zade K.F., Basha A.V., Demchuk N.D. Serotonin metabolism disorders in pathogenesis of nervous system diseases // *J. nevrologii i psikiatrii*. — 2004. — Vol 104. — 9. — P. 620-670 (in Russian).

5. Kudaeva I.V., Budarina L.A. Dynamic study of lipid metabolism in workers exposed to mercury // *Fundamental'nye issledovaniya*. — 2012. — 5-1. — P. 52-57 (in Russian).

6. Kudaeva I.V., Masnavieva L.B. Influence of chemicals varying in origin on oxidative stress parameters // *Industr. med.* — 2008. — 8. — P. 17-24 (in Russian).

7. Kudaeva I.V., Masnavieva L.B. Budarina L.A. Antioxidant chelators system response in workers during chronic exposure to

occupational toxicants // *Acta Biomedica Scientifica*. — 2013. — 91. — 3-2. — P. 22-26 (in Russian).

8. Kuznetsova V.L., Solov'eva A.G. Nitrogen oxide: properties, biologic role, action mechanisms // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. — 2015. — 4; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21037> (accessed at: 04.08.2017) (in Russian).

9. Manukhina E.B. Nitrogen oxide in cardiovascular system: role in adaptation defense // *Vestnik RAMN*. — 2000. — 4. — P. 16-21 (in Russian).

10. Mikhno V.A., Nikitina I.L. Endothelial dysfunction as a risk factor of diabetes mellitus and cardiovascular diseases // *Zabayka'skiy med. vestn.* — 2009. — 1. — P. 53-64 (in Russian).

11. Rukavishnikov V.S., Lakhman O.L., Sosedova L.M. et al. Occupational neurointoxications: concepts and formation mechanisms // *Industr. med.* — 2014. — 4. — P. 1-6 (in Russian).

12. Sosedova L.M., Kudaeva I.V., Titov E.A. et al. Morphologic and neurochemical effects in long term period of mercury intoxication (experimental data) // *Industr. med.* — 2009. — 1. — P. 37-42 (in Russian).

13. Gerova M. Nitric oxide compromised hypertension: facts and enigmas // *Physiological Research*. — 2000. — Vol. 49. — P. 27-35.

14. Guallar E., Sanz-Gallardo MI, Bode P et al. Mercury, fish oils, and the risk of myocardial infarction // *New England J. of Medicine*. — 2002. — Vol. 347. — P. 1747-1754.

15. Libby P., Ridker P., Maseri A. Inflammation and atherosclerosis // *Circulation*. — 2002. — Vol. 105. — P. 1135-1147.

Поступила 09.08.2017

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наумова Ольга Вячеславовна (Naumova O.V.),

мл. науч. сотр. лаб. иммуно-биохимич. и молекулярно-генетич. иссл. в гигиене ФГБНУ ВСИМЭИ. E-mail: angpovolga@mail.ru.

Кудяева Ирина Валерьевна (Kudaeva I.V.),

зав. клинико-диагностич. лаб., вед. науч. сотр. лаб. иммуно-биохимич. и молекулярно-генетич. иссл. в гигиене ФГБНУ ВСИМЭИ, д-р мед. наук, доц. E-mail: kudaeva\_irina@mail.ru.

Маснавиева Людмила Борисовна (Masnavieva L.B.),

ст. науч. сотр. лаб. иммуно-биохимич. и молекулярно-генетич. иссл. в гигиене ФГБНУ ВСИМЭИ, канд. биол. наук. E-mail: masnavieva\_luda@mail.ru.

Катаманова Елена Владимировна (Katamanova E.V.),

и.о. гл. вр. клиники ФГБНУ ВСИМЭИ, д-р мед. наук, доц. E-mail: krisla08@rambler.ru.

Рукавишников В.С., Соседова Л.М., Вокина В.А., Титов Е.А., Новиков М.А., Якимова Н.А.

## ОЦЕНКА НЕЙРОТОКСИЧНОСТИ НАНОМЕТАЛЛОВ, ИНКАПСУЛИРОВАННЫХ НА МАТРИЦЕ АРАБИНОГАЛАКТАН

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 12а м/р, 3, г. Ангарск, РФ, 665827

Представлены результаты исследования токсичности наночастиц металлов висмута (Bi) и серебра (Ag), инкапсулированных в природную биополимерную матрицу арабиногалактан (АГ), перспективных антимикробных соединений, соответственно Bi-АГ и Ag-АГ. Подострая токсичность изучалась внутрижелудочным (Ag-АГ) и внутрибрюшинным (Bi-АГ) введением Ag или Bi в течение 9 дней из расчета 500 мкг/кг массы тела. Для исследования биологического ответа организма на субклеточном уровне применялся иммуногистохимический метод определения активности белков — модуляторов апоптоза bcl-2 и caspase-3 в нейронах головного мозга белых крыс. В подостром эксперименте, несмотря на одинаковую матрицу — АГ, ответная реакция организма имела свои особенности в зависимости от инкапсулированных в матрицу наночастиц металлов. При поступлении в организм Ag-АГ выявлены готовность клеток головного мозга к апоптозу, развитие необратимых структурных изменений ткани головного мозга, снижение общего числа нормальных нейронов сенсомоторной зоны и повышение экспрессии в них проапоптотического белка caspase 3. Воздействие Bi-АГ не вызывало нарастания процесса программируемой клеточной смерти и структурных нарушений нервной ткани. При изучении биологических свойств нанобиокомпозиатов следует оценивать ответную реакцию организма на клеточном и внутриклеточном уровне.

**Ключевые слова:** гистология; иммуногистохимия; арабиногалактан; наночастицы; серебро; висмут; апоптоз; крысы; головной мозг

Rukavishnikov V.S., Sosodova L.M., Vokina V.A., Titov E.A., Novikov M.A., Yakimova N.L. **Evaluating neurotoxicity of nanometals incorporated on arabinogalactan matrix.** East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3, 12a m/r, Angarsk, Russian Federation, 665827

The authors present results of studied nanoparticles toxicity of metals — bismuth (Bi) and silver (Ag) incorporated into natural biopolymer arabinogalactan matrix (AG), prospective antimicrobial compounds Bi-AG and Ag-AG respectively. Subacute toxicity was studied via intragastric (Ag-AG) and intraperitoneal (Bi-AG) injection of Ag and Bi during 9 days in dose of 500 mg/kg of body weight. To study biologic response on subcellular level, the authors used immune histochemical method determining activity of proteins-modulators of apoptosis bcl-2 and caspase-3 in white rats brain neurons. In subacute experiment, despite the same matrix — AG, the body response differed in accordance with metals nanoparticles incorporated into the matrix. Injected Ag-AG caused brain cells readiness to apoptosis, irreversible structural changes in brain tissues, lower number of normal neurons in sensomotor area and increased expression of proapoptosis protein caspase 3 in them. Action of Bi-AG caused no increase of programmed cell death process and structural disorders of neural tissue. When biologic properties of nanobiocomposites studied, one should estimate bodily response on cellular and subcellular level.

**Key words:** histology; immune histochemistry; arabinogalactan; nanoparticles; silver; bismuth; apoptosis; rats; brain

Актуальной задачей современной токсикологии является поиск новых и усовершенствование или модификация существующих критериев оценки безопасности (токсичности) лекарственных и диагностических препаратов. Одним из перспективных подходов, позволяющих решать данные вопросы, является создание инновационных наноструктурированных препаратов с использованием функциональных биосовместимых полимеров. АГ — полимер, выделяемый из лиственницы сибирской, имеющий разветвленное строение с молекулярной массой 40 кДа, широко используется для наноструктурирования в поиске перспективных лекарственных средств. Его способность растворяться в воде, а также выступать в качестве стабилизирующей

матрицы для наночастиц металлов обуславливают его перспективность для создания нанобиополимеров с медицинскими и диагностическими свойствами.

Биогенные элементы Ag и Bi имеют большое значение для клеточной организации тканей и систем живых организмов. Наряду с этим поступление указанных металлов в организм извне широко используется в лечебных и диагностических целях. Борьбу с инфекционными заболеваниями усложняет распространение штаммов микроорганизмов, резистентных к действию антибиотиков. Низкая адаптация микроорганизмов к Ag обуславливает возрастание внимания исследователей к указанному металлу. Широкий спектр антимикробной активности Ag определяется

способностью ионов подавлять активность клеточных ферментов. В свою очередь Bi, являясь самым тяжелым нерадиоактивным элементом таблицы Менделеева, также обладает антимикробной активностью, кроме этого известно использование его в качестве противоязвенного средства и рентгенопозитивного контраста.

Перспективным для создания нанобиокомпозитов представляется синтез композита, содержащего АГ, с наночастицами Ag или Bi. Установлено, что полимер АГ, являясь иммуномодулятором и гепатопротектором, не обладает токсичностью [3]. В доступной литературе не встречается описание нейротоксичных свойств нанобиокомпозитов Ag и Bi, инкапсулированных на матрице АГ. Актуальным и своевременным является изучение возможности указанных нанобиокомпозитов воздействовать на ткань головного мозга, так как их эффективное применение невозможно без предварительной оценки безопасности и уточнения токсичных свойств.

**Цель исследования** — оценка биологического ответа ткани головного мозга на воздействие нано-Ag и нано-Bi, инкапсулированных на матрице арабиногалактан.

**Материал и методы.** Природный наностабилизирующий полисахарид АГ представляет собой водорастворимый белый или кремовый порошок, без вкуса и запаха, состоящий из двух моносахаридов: галактозы и арабинозы. Общий подход к синтезу нанобиокомпозитов заключается в восстановлении растворенных в воде прекурсоров наночастиц в присутствии макромолекул АГ, которые являются эффективными ловушками образующихся наночастиц химических элементов [6]. Синтезированный на его основе нанобиокомпозит Ag-AГ, по результатам исследований физико-химических параметров, содержит наночастицы Ag в нульвалентном состоянии, сферической формы с преобладающим размером 4–8 нм [1]. Содержание Ag в образце составляет 3,1%. Наночастицы Bi сферической формы в арабиногалактановой матрице (Bi-AГ) также присутствуют в нульвалентном состоянии. Содержание Bi в образце составляет 3,1%.

Экспериментальные исследования проведены на половозрелых беспородных белых крысах-самцах ( $n=40$ ) массой от 180 до 240 граммов. Животные распределялись случайным образом по 10 особей в группе. Особи содержались в специальном помещении с 12 часовым светлым/темным циклом, регулируемой температурой ( $22\pm 3^\circ\text{C}$ ) и влажностью (60–65%), со свободным доступом к чистой водопроводной воде и пище, включающей в себя все необходимые витамины и микроэлементы. Все исследования на животных были проведены в соответствии с требованиями «Международных рекомендаций по проведению медико-биологических исследований с использованием животных» (ВОЗ, Женева, 1985).

Путь введения нанобиокомпозитов определялся предполагаемым способом их применения при выполнении лечебных и диагностических процедур у людей:

Ag-AГ предназначен для перорального употребления, а Bi-AГ для парентерального введения в качестве контрастного вещества. Ag-AГ суспендировали в дистиллированной воде и вводили белым крысам 1 группы внутривентрикулярно с помощью атравматичного металлического зонда из расчета 500 мкг Ag на килограмм массы тела в объеме 0,5 мл дистиллированной воды в течение 9 дней натошак. Кормление животных осуществлялось через 3 часа после введения веществ. Животным 2 группы раствор наночастиц Bi-AГ вводился внутривентрикулярно в течение 9 дней в дозе 500 мкг Bi на килограмм массы тела в объеме 0,5 мл дистиллированной воды. Особи соответствующих контрольных групп (гр. 3 и 4) получали в эти же сроки эквивалентный объем дистиллированной воды. На следующий день после окончания воздействия животным была проведена эвтаназия путем декапитации.

Гистологические и иммуногистохимические исследования выполнялись согласно стандартной методике [4]. Иммуногистохимический анализ осуществлялся согласно протоколу, предложенному производителем реактивов для иммуногистохимических исследований (Thermo Scientific, США), определялась экспрессия проапоптотического белка caspase 3 и антиапоптотического белка bcl-2. Caspase 3 является конечным продуктом каскада каспазных реакций и свидетельствует о возникновении в клетке процессов апоптоза. Bcl-2 является протекторным белком, участвующим в регуляции процессов апоптоза. Исследование полученных срезов осуществлялось с помощью светового исследовательского микроскопа Olympus BX 51 (Япония) с вводом микроизображений в компьютер при помощи камеры Olympus E420. Статистическая обработка результатов проводилась с помощью пакета программ Statistica 6.1 for Windows (лиц. №AXXR004E642326FA) с использованием критерия Манна-Уитни с уровнем значимости различий между группами  $p<0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Сравнительный анализ результатов морфологического обследования ткани головного мозга выявил различный характер нейротоксических эффектов изучаемых инновационных полимерных нанобиокомпозитов. Результаты морфологического исследования нервной ткани животных, получивших Ag-AГ, свидетельствовали о существенных изменениях; наблюдалось увеличение количества темных нейронов, расширение периваскулярных пространств, нейронофагию, набухание миоцитов и эндотелиоцитов сосудов, утолщение стенки артерий (рис. 1).

Морфологический анализ нервной ткани при воздействии Bi-AГ показал наличие процессов нейронофагии. Однако значимых различий в числе процессов нейронофагии от аналогичных показателей контрольной группы не отмечено. Кроме того, у опытных животных наблюдался периваскулярный отек сосудов. Указанные изменения могут рассматриваться как компенсаторные реакции организма и носят обратимый

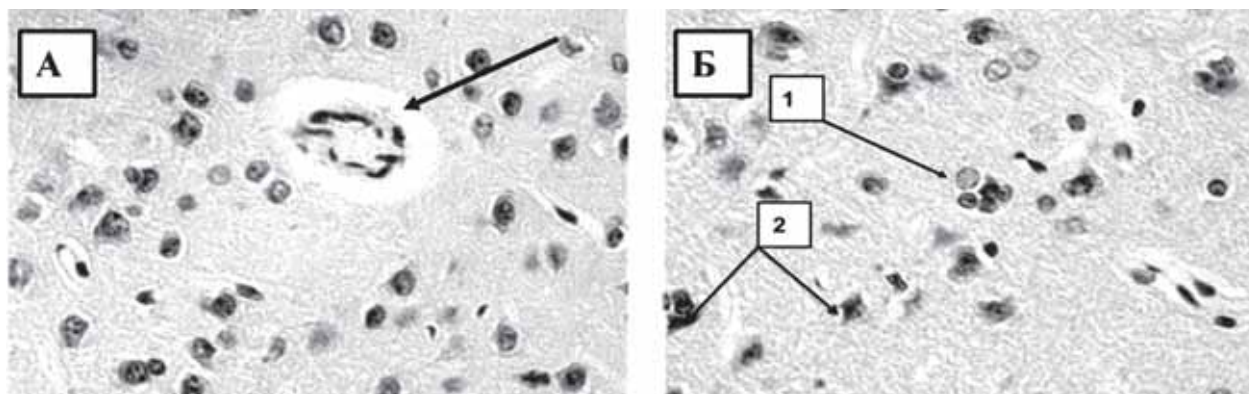


Рис. 1. Теменно-височная доля коры головного мозга белой крысы при воздействии нанобиокомпозита Ag-АГ. А) Расширение периваскулярных пространств, утолщение стенки артерии, разрыхление миоцитов, набухание эндотелиоцитов (стрелка); Б) 1 — нейтрофагия, 2 — темные нейроны. Окр. гематоксилин-эозин. Ув.  $\times 400$

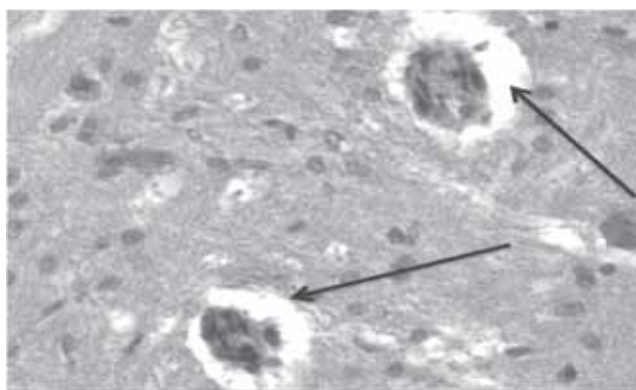


Рис. 2. Теменно-височная доля коры головного мозга белой крысы при воздействии нанобиокомпозита Bi-АГ. Периваскулярный отек сосудов головного мозга, разрыхление миоцитов сосудистой стенки ( $\uparrow$ ). Окраска гематоксилин-эозин. Ув.  $\times 400$

характер (рис. 2). У контрольных особей изменений в ткани головного мозга не выявлено.

Оценка биологического ответа организма на субклеточном уровне проводилась по результатам определения активности белков-модуляторов апоптоза — bcl-2, caspase-3 в нейронах головного мозга белых крыс. При введении Ag-АГ происходило статистически значимое, по сравнению с контролем, увеличение процентного содержания темных нейронов (табл. 1). Одновременно с этим наблюдалось достоверное увеличение количества нормальных иммунопозитивных клеток и, соответственно, снижение нормальных иммунонегативных клеток. Полученные результаты указывают на активацию экспрессии апоптоз-ингибирующего белкового фактора и мобилизацию защитных механизмов, препятствующих развитию апоптоза. При исследовании экспрессии эффекторного белка caspase-3, активирующего процесс апоптоза, выявлено изменение содержания практически всех типов исследуемых клеток (табл. 1). Наблюдалось сокращение на единицу площади количества нормальных неизмененных клеток без экспрессии проапоптотического

белка caspase-3. В то время как число темных и нормальных клеток, экспрессирующих caspase-3, значительно возросло.

Сопоставление результатов морфологического исследования нервной ткани с данными экспрессии белков caspase-3 и bcl-2 позволяет сделать заключение о способности нано-АГ, инкапсулированного в полимерную матрицу АГ, индуцировать в нейронах коры головного мозга запуск апоптотического каскада.

Результаты иммуногистохимического исследования ткани головного мозга белых крыс при введении нанобиокомпозита Bi-АГ в дозе 500 мкг/кг показали, что подострое воздействие при внутрибрюшинном поступлении не оказывает влияния на активность про/антиапоптотических белков (табл. 2). Показатели экспрессии про/антиапоптотических белков при поступлении исследуемого нанобиокомпозита не имели статистически значимых отличий с группой контроля. Следовательно, парентеральное воздействие Bi-АГ на организм белых крыс не вызывает нарастания процесса программируемой клеточной смерти (апоптоза) по сравнению с контрольными животными.

Таким образом, несмотря на то, что оба нанобиокомпозита относятся к классу малоопасных веществ, имеют одинаковую матрицу — АГ, в подостром эксперименте, ответная реакция организма имела свои особенности в зависимости от инкапсулированных в матрицу наночастиц металлов. Выявленная при поступлении в организм Ag-АГ готовность клеток головного мозга к апоптозу позволяет сделать предположение о напряжении компенсаторно-приспособительных реакций. Доказательством является развитие необратимых структурных изменений ткани головного мозга, снижение общего числа нормальных нейронов сенсомоторной зоны и повышение экспрессии в них проапоптотического белка caspase 3. Учитывая, что при введении Ag-АГ возрастает число темных клеток с необратимыми структурными изменениями, можно заключить, что один из возможных механизмов гибели клеток обусловлен запуском программы апоптоза. Высокий уровень экспрессии белка bcl-2 в нейронах коры головного мозга имеет важное значение для пре-

Таблица 1

**Экспрессия белков-модуляторов апоптоза в нейронах белых крыс при воздействии Ag-АГ, % от общего количества клеток в 0,2 мм<sup>2</sup> (Me(Q25 — Q75); n=10)**

| Группа                            | Тип нейронов     |                                    |                                    |
|-----------------------------------|------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                                   | темные клетки    | нормальные иммунопозитивные клетки | нормальные иммунонегативные клетки |
| <b>Экспрессия белка bcl-2</b>     |                  |                                    |                                    |
| Контроль                          | 2,01(1–86–2,19)  | 2,07(1,55–2,19)                    | 95,92(94,99–97,33)                 |
| Ag-АГ                             | 4,81(3,83–5,45)* | 6,20(4,91–6,57)*                   | 88,99(85,45–97,89)*                |
| <b>Экспрессия белка caspase-3</b> |                  |                                    |                                    |
| Контроль                          | 2,56(1,79–2,74)  | 1,93(1,77–2,09)                    | 95,51(94,61–95,67)                 |
| Ag-АГ                             | 6,58(5,88–8,55)* | 5,10(3,18–8,24)*                   | 88,32(84,57–90,20)*                |

Примечания: \* — различия статистически значимы по сравнению с контрольной группой при  $p < 0,05$ . Статистическая значимость рассчитывалась по критерию Манна-Уитни.

Таблица 2

**Экспрессия белков-модуляторов апоптоза в нейронах белых крыс при воздействии Bi-АГ, % от общего количества клеток в 0,2 мм<sup>2</sup> (Me(Q25 — Q75); n=10)**

| Группа животных                   | Тип нейронов     |                                    |                                    |
|-----------------------------------|------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                                   | темные клетки    | нормальные иммунопозитивные клетки | нормальные иммунонегативные клетки |
| <b>Экспрессия белка bcl-2</b>     |                  |                                    |                                    |
| Контроль                          | 1,60(0,00–4,50)  | 27,80(10,50–59,00)                 | 65,90(41,00–89,50)                 |
| Bi-АГ                             | 1,90(0,00–2,50)  | 27,00(15,00–43,20)                 | 71,20(56,80–82,50)                 |
| <b>Экспрессия белка caspase-3</b> |                  |                                    |                                    |
| Контроль                          | 4,50(3,30–5,90)  | 36,40(18,60–44,40)                 | 59,40(50,00–72,10)                 |
| Bi-АГ                             | 4,30(2,90–11,50) | 27,10(20,60–41,70)                 | 68,80(50,00–74,40)                 |

дотвращения указанного процесса, но активности антиапоптотического белка не хватает для формирования внутриклеточных защитных механизмов.

Способность молекул Ag блокировать тиоловые группы структурных белков и ферментных систем, участвующих в регуляции мембранной проницаемости [7], высвобождение из митохондрий цитохрома C и активация проапоптотического белка caspase 3 относятся к числу пусковых реакций биохимического механизма, приводящего к программированной смерти клетки, развивающейся по митохондриальному пути [2,5,8]. В дальнейшем снижение количества нейронов на единицу площади может приводить к замещению их глиальными клетками с развитием глиоза и формированием нейродегенеративного процесса

В то время как введение в организм наночастиц Bi в той же дозе и на той же матрице — АГ — не приводило к каким-либо морфо-функциональным изменениям нервной ткани.

#### Выводы:

1. Воздействие Ag-АГ вызывает морфологические изменения сенсомоторной коры головного мозга белых крыс, характеризующиеся развитием сосудистых нарушений (расширением периваскулярных пространств, утолщением стенки артерии, разрыхлением миоцитов, набуханием эндотелиоцитов), а также увеличением количества темных нейронов, что свидетельствует о необратимости процесса клеточной гибели.

2. Следствием воздействия наночастиц серебра, инкапсулированных в матрицу АГ, является увеличе-

ние экспрессии регуляторных белков апоптоза bcl-2 и caspase-3 в нейронах, что свидетельствует о развитии процесса апоптоза в клетках сенсо-моторной коры головного мозга белых крыс.

3. Введение наночастиц Bi, инкапсулированных в природную матрицу АГ, приводит к развитию периваскулярного отека и нарушению структуры сосудистой стенки, при этом количество погибших нейронов и экспрессия про/антиапоптотических белков не имеют отличий от контрольных значений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганенко Т.В., Костыро Я.А., Сухов Б.Г. и др. Наноконкомпозит серебра на основе сульфатированного арабиногалактана, обладающий антимикробной и антитромботической активностью, и способ его получения // Изобретения. Полезные модели. Офиц. бюл. Федеральной службы по интеллектуальной собственности. — №27. — 2012. — 27.09.2012, изобретение №2462254. — 8 с.
2. Григорьев М.Ю., Имянитов Е.Н., Хансон К.П. Апоптоз в норме и патологии // Мед. академич. ж-л. — 2003. — Т. 3. — №3. — С. 3–11.
3. Джиоев Ю.П., Юринова Г.В., Сухов Б.Г. и др. Гемиллюлозы и их нанобиоконкомпозиты — перспективные наноструктурированные синбиотики // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. — 2012. — №5 (87). — С. 210–212.
4. Коржевский, Д.Э. Краткое изложение основ гистологической техники для врачей и лаборантов-гистологов. — СПб.: Кроф, 2005. — 48 с.

5. Нагорнев В.А., Восканьянц А.Н. Апоптоз и его роль в атерогенезе // Мед. академич. ж-л. — 2003. — Т. 3. — №4. — С. 3–18.

6. Новиков М.А., Титов Е.А., Соседова Л.М. и др. Реакция белых крыс при внутрижелудочном введении вновь синтезированного нанобиокомпозита на основе частиц Ag(0) и арабиногалактана // Химико-фармацевтич. ж-л. — 2014. — Т. 48. — №6. — С. 33–36.

7. Оксегендлер Г.И. Яды и противоядия. — Л.: Наука, 1982. — 192 с.

8. Сизова Е.А., Мирошников С.А., Полякова В.С. и др. Наночастицы меди — модуляторы апоптоза и структурных изменений в некоторых органах // Морфология. — 2013. — Т. 144. — №4. — С. 47–52.

## REFERENCES

1. Ganenko TV, Kostyrov Ya.A., Sukhov B.G., et al. Nanocomposite of silver based on sulphated arabinogalactan with antimicrobial and anti-thrombotic activity, method of production. Izobreteniya. Poleznye modeli // Ofitsial'nyy byull. Federal'noy sluzhby po intellektual'noy sobstvennosti. — 27. — 2012. — 27.09.2012, invention №2462254; 8 p (in Russian).

2. Grigor'ev M.Yu., Imyaninov E.N., Khanson K.P. Apoptosis in norma and disease // Meditsinskiy akademicheskij J. — 2003. — Vol 3. — 3. — P. 3–11 (in Russian).

3. Dzhiyev Yu.P., Yurinova G.V., Sukhov B.G., et al. Hemicellulose and its nanobiocomposites — prospective nanostructured synbiotics // Byull/ VSNTs SO RAMN. — 2012. — 5 (87). — P. 210–212 (in Russian).

4. Korzhevskiy, D.E. Brief histologic technique basics for doctors and histology laboratorians. — St-Petersburg: Krof, 2005. — 48 p/ (in Russian).

5. Nagornev V.A., Voskan'yants A.N. Apoptosis and its role in atherogenesis // Meditsinskiy akademicheskij J. — 2003. — Vol. 3. — 4. — P. 3–18 (in Russian).

6. Novikov M.A., Titov E.A., Sosedova L.M., et al. Reaction of white rats when intragastric injection of newly synthesized nanobiocomposite based on Ag (0) and arabinogalactan particles Khimiko-farmatsevticheskiy J. — 2014. — Vol. 48. — 6. — P. 33–36 (in Russian).

7. Oksegendler G.I. Poisons and antidotes. — Leningrad: Nauka, 1982. — 192 p. (in Russian).

8. Sizova E.A., Miroshnikov S.A., Polyakova V.S., et al. Copper nanoparticles — modulators of apoptosis and structural changes in some organs // Morfologiya. — 2013. — Vol. 144. — 4. — P. 47–52 (in Russian).

Поступила 09.08.2017

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Рукавишников Виктор Степанович (Rukavishnikov V.S.),  
гл. науч. сотр. ФГБНУ ВСИМЭИ, член-корр. РАН, д-р мед. наук, проф. E-mail: rvs\_2010@mail.ru.

Соседова Лариса Михайловна (Sosedova L.M.),  
зав. лаб. биомоделирования и трансляционной мед. ФГБНУ ВСИМЭИ, д-р мед. наук, проф. E-mail: sosedlar@mail.ru.

Вокина Вера Александровна (Vokina V.A.),  
науч. сотр. лаб. биомоделирования и трансляционной мед. ФГБНУ ВСИМЭИ, канд. биол. наук. E-mail: vokina.vera@gmail.com.

Титов Евгений Алексеевич (Titov E.A.),  
ст. науч. сотр. лаб. биомоделирования и трансляционной мед. ФГБНУ ВСИМЭИ, канд. биол. наук. E-mail: g57097@yandex.ru.

Новиков Михаил Александрович (Novikov M.A.),  
мл. науч. сотр. лаб. биомоделирования и трансляционной мед. ФГБНУ ВСИМЭИ. E-mail: novik-imt@mail.ru.

Якимова Наталья Леонидовна (Yakimova N.L.),  
ст. науч. сотр. лаб. биомоделирования и трансляционной мед. ФГБНУ ВСИМЭИ, канд. биол. наук. E-mail: ynl-77@list.ru.

УДК 613.693:616-057

Панков В.А.<sup>1,2</sup>, Кулешова М.В.<sup>1</sup>, Шаяхметов С.Ф.<sup>1,2</sup>, Лахман О.А.<sup>1,2</sup>, Бочкин Г.В.<sup>1</sup>

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА И СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ЛЕТНОГО СОСТАВА ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

<sup>1</sup>ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 12а м/р, 3, г. Ангарск, РФ, 665827;

<sup>2</sup>Иркутская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава РФ, м/р Юбилейный, 100, г. Иркутск, РФ, 664049

В статье представлена гигиеническая оценка условий труда летного состава воздушных судов (ВС) гражданской авиации (ГА), состояние профессиональной и общей заболеваемости. Дана характеристика основных производственных факторов, воздействующих на летный состав экипажей ВС в полете. Показано, что средние уровни звука и звукового давления, общей вибрации, параметры микроклимата в полете не соответствуют гигиеническим нормативам. Уровни барометрического давления, воздействующего на летный экипаж ВС, концентрации вредных

химических веществ, уровни освещенности, напряженности электромагнитных полей соответствуют гигиеническим требованиям. Условия труда летного состава ВС ГА по показателям вредности и опасности, тяжести и напряженности трудового процесса относятся к третьему классу 1–4 степени в основном за счет высоких уровней воздействующего шума и напряженного характера труда.

**Ключевые слова:** гражданская авиация; условия труда; состояние здоровья

Pankov V.A.<sup>1,2</sup>, Kuleshova M.V.<sup>1</sup>, Shayakhmetov S.F.<sup>1,2</sup>, Lakhman O.L.<sup>1,2</sup>, Bochkina G.V.<sup>1</sup> **Hygienic evaluation of work conditions and health state in civil aviation pilots.** <sup>1</sup>East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3, 12a m/d, Angarsk, Russian Federation, 665827; <sup>2</sup>Irkutsk State Medical Academy — Branch of Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, 100, Yubileiniy m/d, Irkutsk, Russian Federation, 664049

The article presents hygienic evaluation of work conditions of civil aviation aircrafts pilots, state of occupational and general morbidity. Characteristics cover main occupational factors influencing pilots during flight. Findings are that median levels of noise and sound pressure, general vibration, microclimate parameters during flight do not correspond to hygienic norms. Levels of barometric pressure influencing the aircraft crew, chemicals concentrations, illumination levels, electromagnetic fields intensity correspond to hygienic requirements. Work conditions of civil aviation pilots, according to jeopardy and hazardousness, work hardness and intensity, are assigned to 3<sup>rd</sup> class 1–4 degree mostly due to high levels of acting noise and work hardness.

**Key words:** civil aviation; work conditions; health state

Одним из основных видов транспорта в РФ является гражданская авиация (ГА). Воздушный транспорт ГА выполняет важную социально-экономическую роль, обеспечивая транспортную доступность и осуществляя функции связности регионов РФ. На сегодняшний день в ГА РФ занято более 2400 воздушных судов (ВС), выполняющих регулярные и нерегулярные перевозки. Профессиональная деятельность членов летных экипажей ВС ГА характеризуется воздействием комплекса производственных факторов: шум, вибрация, параметры микроклимата, ионизирующее и неионизирующее излучение, СВЧ-излучения от наземного и бортового оборудования, радиационное (фоновое) облучение, колебания барометрического давления при разных режимах полета, напряженность труда, химический состав вдыхаемого воздуха, воздействие ускорений и др. [1,3,4]. Комплекс указанных производственных факторов может приводить к снижению профессиональной работоспособности, развитию профессиональной и соматической патологии членов летных экипажей ВС [2,5,6].

В литературе крайне ограничены сведения о гигиенической оценке условий труда членов летных экипажей ВС ГА, кроме исследований шума, воздействующего на данную категорию работающих и являющегося основной причиной развития профессиональной нейросенсорной тугоухости.

**Цель исследования** — гигиеническая оценка условий труда и состояния здоровья летного состава ВС ГА.

**Материалы и методы.** Гигиеническая оценка условий труда летного состава ВС ГА выполнена в соответствии с СанПиН 2.5.1.2423–08 «Гигиенические требования к условиям труда и отдыха для летного состава гражданской авиации», ГОСТ 20296–2014 «Самолеты и вертолеты гражданской авиации. Допустимые уровни шума в салонах и кабинах экипажа

и методы измерения шума», МУК 4.3.2230–07 «Методика определения уровня акустической нагрузки на членов экипажей воздушных судов с учетом шума под авиагарнитурами», МУК 4.3.2231–07 «Оценка акустической нагрузки в кабинах экипажей воздушных судов при составлении санитарно-гигиенической характеристики условий труда летного состава гражданской авиации», ГОСТ 23718–2014 «Самолеты и вертолеты пассажирские и транспортные. Допустимые уровни вибрации в салонах и кабинах экипажа и методы измерения вибраций», Руководством Р. 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда».

Измерения факторов производственной среды выполнены на рабочих местах членов летных экипажей ВС ГА: АН–2, АН–12, АН–24, АН–26, ЯК–40, Л–410, ИЛ–76, ТУ–154, А–310, А–319/320, CRJ–200, МИ–2, МИ–4, МИ–8. Основные профессиональные группы: командир воздушного судна, пилот, бортовой инженер, бортовой механик, штурман, пилот-инструктор. Анализировались результаты собственных исследований, а также данные, представленные в санитарно-гигиенических характеристиках условий труда летного состава ГА. Вся измерительная аппаратура проходила метрологический контроль в установленные сроки.

Анализ профессиональной заболеваемости, структуры, основных факторов, влияющих на ее формирование, проведен на основании карт учета профессионального заболевания (отравления) (Приложение №5 к Приказу МЗ РФ от 28.05.2001 №176) за 2000–2016 годы в Иркутской области. Анализ состояния здоровья выполнен по результатам углубленных медицинских осмотров стажированных работников, находившихся на обследовании в клинике ФГБНУ ВСИМЭИ (n=50, средний возраст 53,4±0,7 года, средний стаж рабо-

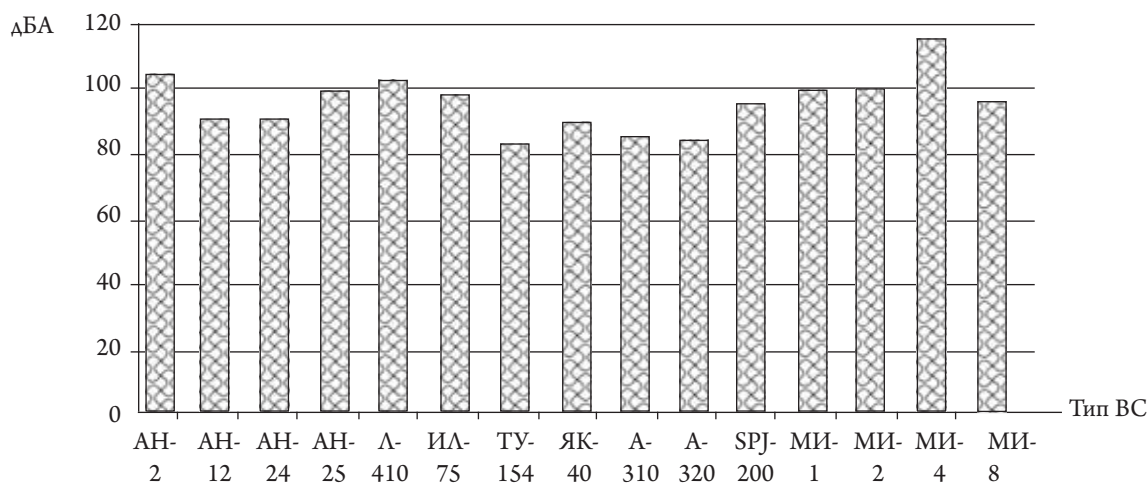


Рис. 1. Усредненные эквивалентные уровни звука, воздействующего на летный состав (за полет), дБА  
Примечание: ПДУ звука составляет 80 дБА (СанПиН 2.5.1.2423-08)

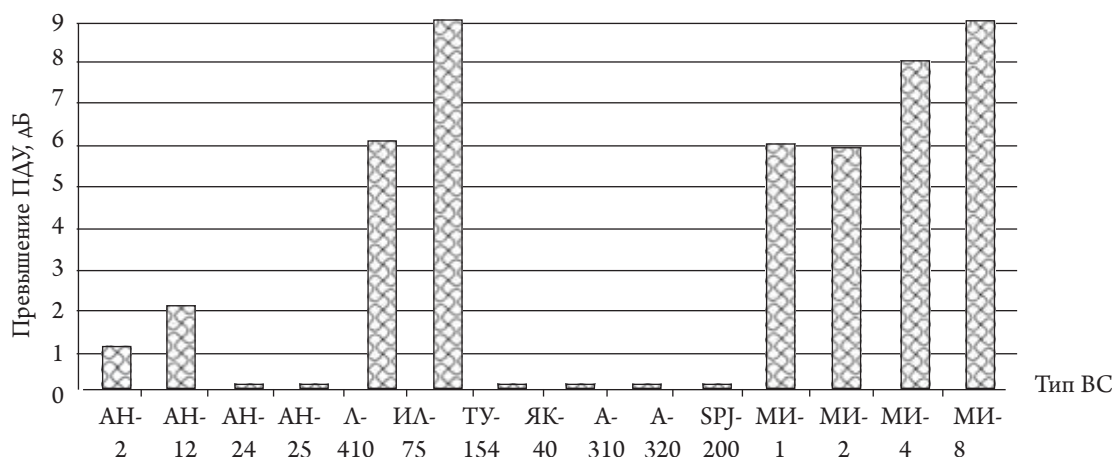


Рис. 2. Превышение ПДУ общей вибрации на ВС ГА (в полете), дБ

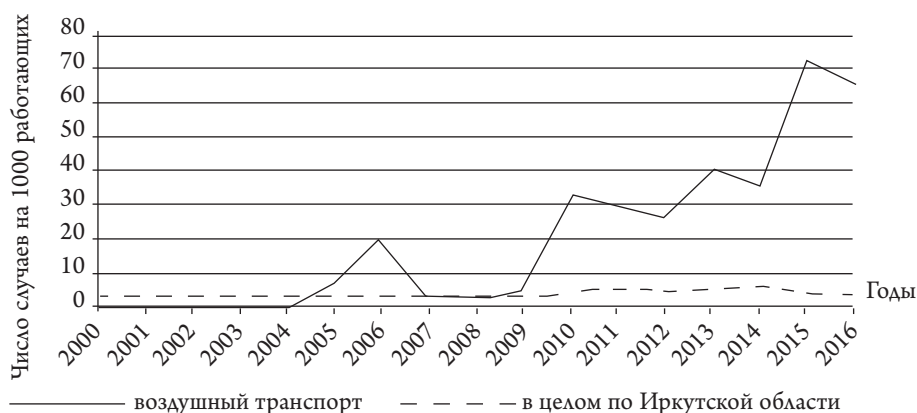


Рис. 3. Показатели профессиональной заболеваемости на воздушном транспорте в 2000-2016 гг. (на 10 тыс. работающих)

ты —  $26,0 \pm 1,1$  года, средний налет часов — 9149 часов 46 минут).

Информация обрабатывалась стандартными методами вариационной статистики с помощью пакета прикладных программ EXCEL пакета Office 2003 (в ОС «Windows XP»).

**Результаты и их обсуждение.** Основными источниками шума в кабинах ВС ГА являются: силовые уста-

новки (турбовинтовые и турбореактивные двигатели, турбогенераторы), аэродинамические шумы, системы вентиляции и кондиционирования воздуха, гидравлические системы, трансмиссии, шумы при речевом радиообмене и прослушивании радиоэфира. Характеристика шума в кабине зависит от этапа полета (руление, взлет и набор высоты, горизонтальный/крейсерский полет, снижение и посадка) и конструктивных особен-

ностей различных типов ВС. Эквивалентные уровни звука, воздействующего на летный состав экипажа в полете, представлены на рис. 1.

В кабинах экипажей самолетов и вертолетов эквивалентные уровни звука в большинстве случаев значительно (на 9–33 дБ) превышают предельно допустимые уровни (ПДУ). Наиболее высокие уровни звука отмечаются на воздушных судах АН–2, АН–26, Л–410, ИЛ–76, МИ–2, МИ–4, МИ–8, достигая 97–113 дБА с максимальным превышением ПДУ до 35 дБ. Спектральный анализ шума свидетельствует о превышении ПДУ в ряде случаев на отдельных среднегеометрических частотах октавных полос более 30 дБ с максимумом звуковой энергии в области средних частот.

Гигиеническая оценка и анализ уровней общей вибрации в полете свидетельствует о превышении параметров гигиенических нормативов и составляет на разных типах самолетов по виброускорению — 113–142 дБ (горизонтальная), 110–129 дБ (вертикальная), вертолетах — 113–129 дБ (горизонтальная), 109–126 дБ (вертикальная). Превышение ПДУ общей вибрации (по виброускорению) за полет для различных типов ВС представлено на рис. 2.

Оценка параметров микроклимата на рабочих местах летного состава показала, что во время полета температура воздуха в кабинах экипажей в ряде случаев превышала допустимые параметры (ВС АН–24, АН–26, ИЛ–76, ТУ–154) (табл.). В кабинах экипажей самолетов АН–12, АН–24, АН–26, Л–410, ТУ–154 и вертолетов МИ–8 относительная влажность воздуха не соответствовала гигиеническим требованиям и составляла 13,0–23,2%. Скорость движения воздуха в основном соответствовала гигиеническим нормативам и составляла 0,08–0,28 м/с, за исключением ВС АН–2, АН–12.

Уровни барометрического давления, воздействующего на летный экипаж ВС, соответствовали гигиеническим нормативам и составляли 640–690 мм рт. ст. в среднем за полет (ПДУ — не менее 567 мм рт. ст.) на разных типах ВС.

Концентрации вредных химических веществ не превышали ПДК и составляли: озон (0,008–0,10 мг/м<sup>3</sup> при ПДК=0,1 мг/м<sup>3</sup>), азота диоксид (0–1,3 мг/м<sup>3</sup> при ПДК=2 мг/м<sup>3</sup>), углерода оксид (1,1–7,3 мг/м<sup>3</sup> при ПДК=20 мг/м<sup>3</sup>), сумма предельных углеводородов (C<sub>1</sub>–C<sub>10</sub>) (1,3–10,5 мг/м<sup>3</sup> при ПДК<sub>макс</sub>=900 мг/м<sup>3</sup>).

Уровни освещенности ионизирующих и неионизирующих излучений на рабочих местах в кабинах экипажей самолетов и вертолетов соответствовали гигиеническим нормативам.

Результаты исследований показателей напряженности трудового процесса летного состава ВС свидетельствуют о высоких интеллектуальных (решение сложных задач, восприятие сигналов и их оценка с комплексной оценкой производственной деятельности, обработка, выполнение и контроль задания), сенсорных (длительность сосредоточенного наблюдения более 75% времени смены, плотность сигналов и сообщений за час работы, наблюдение за экранами видеотерминалов, нагрузка на слуховой анализатор) и эмоциональных нагрузок, обусловленных повышенной ответственностью за безопасность полетов. Кроме того, для данной категории работников характерны: нерегулярная сменность с работой в ночное время, продолжительность рабочего дня более 12 час., отсутствие регламентированных перерывов.

Оценка условий труда летного состава в соответствии с Руководством Р. 2.2.2006–05 свидетельствует, что по показателям вредности и опасности, тяжести и напряженности трудового процесса труд пилотов ВС различного типа относится к классу 3.1–3.4, бортмеха-

Таблица

Параметры микроклимата в кабинах воздушных судов во время полета

| Тип ВС                                       | Температура воздуха, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с |
|----------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| АН–2                                         | 20,1–24,8               | 30,2–30,7                          | 0,28–0,38                      |
| АН–12                                        | 24,0–24,8               | 13,2–13,6                          | 0,26–0,40                      |
| АН–24                                        | 21,5–27,9               | 16,2–32,7                          | 0,23–0,27                      |
| АН–26                                        | 25,4–25,6               | 13,0–13,9                          | 0,08–0,10                      |
| Л–410                                        | 21,1–23,3               | 19,2–21,0                          | 0,28–0,30                      |
| ИЛ–76                                        | 19,9–25,6               | 7,0–12,7                           | 0,04–0,17                      |
| ТУ–154                                       | 26,3–27,1               | 17,0–18,8                          | 0,18–0,20                      |
| ЯК–40                                        | 21,1–24,7               | 21,8–29,9                          | 0,28–0,30                      |
| А–320                                        | 24,0–24,9               | 30,4–35,7                          | 0,18–0,20                      |
| SPJ–200                                      | 23,9–24,8               | 31,0–38,1                          | 0,16–0,20                      |
| МИ–1                                         | 24,1–23,8               | 20,7–24,2                          | 0,19–0,23                      |
| МИ–2                                         | 23,9–24,1               | 21,7–23,4                          | 0,21–0,25                      |
| МИ–4                                         | 23,5–24,9               | 21,9–24,1                          | 0,18–0,28                      |
| МИ–8                                         | 24,0–24,8               | 22,7–23,2                          | 0,20–0,27                      |
| Допустимые параметры по СанПиН 2.5.1.2423–08 | 20,0–25,0               | 30,0–70,0                          | не более 0,30                  |

ников — к классу 3.1–3.4, штурманов — к классу 3.2, бортрадистов — к классу 3.1 (вредные условия труда) в основном за счет высоких уровней воздействующего шума и напряженного характера труда.

Высокие уровни шума, вибрации, а также высокая степень напряженности труда, воздействующие на летный состав ГА, отражаются на показателях профессиональной заболеваемости. Анализ профессиональной заболеваемости в Иркутской области за период 2000–2016 гг. свидетельствует об общей тенденции к росту числа вновь выявленных случаев профзаболеваний на воздушном транспорте (рис. 3).

Если в 2000–2004 гг. профессиональные заболевания у работников на воздушном транспорте в Иркутской области не регистрировались, то, начиная с 2005 г., этот показатель неуклонно растет и в последние годы достигает 35,90–73,20 случаев на 10 тыс. работающих в отрасли (за этот же период показатели профессиональной заболеваемости в целом по Иркутской области составляли 2,70–4,91 на 10 тыс. работающих). Основной регистрируемой нозологической формой у летного состава является двухсторонняя нейросенсорная тугоухость с различной степенью снижения слуха (до 100% случаев).

По данным углубленных медицинских осмотров среди стажированных лиц летного состава ГА наибольший удельный вес занимают болезни глаз и его придаточного аппарата (пресбиопия, гиперметропия, миопия) — 47,8±7,3 случая, болезни системы кровообращения, представленные в основном артериальной гипертензией — 21,7±6,1 случая, органов пищеварения (гастрит, стеатогепатит) — 19,5±5,8 случая, костно-мышечной системы, представленные в основном дорсопатиями, вертеброгенной люмбагией — 15,2±5,2 случая на 100 осмотренных.

Следует отметить, что в 21,8 случая на 100 осмотренных выявлены болезни эндокринной и мочеполовой систем (по 10,9±4,5 случая на 100 осмотренных). В единичных случаях регистрируются инфекционные и паразитарные болезни, представленные в виде хронического вирусного гепатита В, и болезни органов дыхания, представленные бронхиальной астмой и хронической обструктивной болезнью легких (по 4,3±2,9 случая на 100 осмотренных), а также болезни крови и кроветворных органов (тромбоцитопения, лейкоцитоз — 8,7±4,1 случая на 100 осмотренных).

#### Выводы:

1. Условия труда летных экипажей ВС ГА относятся к третьему классу различной степени опасности, тяжести и напряженности трудового процесса; ведущим воздействием фактором является шум, что обуславливает высокие уровни профессиональной заболеваемости.

2. Уровень профессиональной заболеваемости на авиационном транспорте в Иркутской области, начиная с 2010 г., значительно вырос и достигает 35,9–73,2 вновь выявленных случаев на 10 тыс. работающих.

3. По результатам углубленных медицинских осмотров установлено, что у стажированных лиц

летного состава гражданской авиации преобладают болезни глаз и его придаточного аппарата, системы кровообращения, органов пищеварения, костно-мышечной системы среди общих хронических заболеваний.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аллоярлов П.Р., Мельцер А.В. Гигиеническая оценка условий труда и профессионального риска у летного состава гражданской авиации // Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. — 2015. — Т. 10. — №1. — С. 419–421.
2. Верещагин А.И., Куркин Д.П., Пилишенко В.А., Глушкова Н.Ю. О состоянии профессиональной заболеваемости летного состава авиакомпаний РФ в 2008–2010 гг. // Здоровье населения и среда обитания. — 2015. — №3 (264). — С. 11–13.
3. Вильк М.Ф., Глуховский В.Д., Курьеров Н.Н., Панкова В.Б., Прокопенко Л.В. Современный методический подход к оценке акустической нагрузки на членов летных экипажей воздушных судов гражданской авиации // Мед. труда и пром. экология. — 2017. — №3. — С. 27–31.
4. Кругликова Н.В., Ромейко В.Л., Ивлева Г.П., Харитонов О.И. Гигиенические аспекты профессиональной нейросенсорной тугоухости у лиц летного состава гражданской авиации // Мед. труда и пром. экология. — 2015. — №4. — С. 163–165.
5. Кулешова М.В., Русанова Д.В., Катаманова Е.В. и др. Эмоционально-физиологические особенности лиц летного состава гражданской авиации с нейросенсорной тугоухостью // Мед. труда и пром. экология. — 2017. — №1. — С. 14–16.
6. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Иркутской области в 2016 году. Государственный доклад. — Иркутск: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Иркутской области, 2017. — 232 с.

#### REFERENCES

1. Alloyarov P.R., Mel'tser A.V. Hygienic evaluation of work conditions and occupational risk in civil aviation pilots // Zdorov'e — osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya. — 2015. — 10. — 1. — P. 419–421 (in Russian).
2. Vereshchagin A.I., Kurkin D.P., Pilishenko V.A., Glushkova N.Yu. On occupational morbidity of pilots in Russian Federation air companies in 2008–2010 // Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya. — 2015. — 3 (264). — P. 11–13 (in Russian).
3. Vil'k M.F., Glukhovskiy V.D., Kur'еров N.N., Pankova V.B., Prokopenko L.V. Contemporary methodic approach to evaluation of acoustic load on aircraft crew members of civil aviation // Industr. med. — 2017. — 3. — P. 27–31 (in Russian).
4. Kruglikova N.V., Romeyko V.L., Ivleva G.P., Kharitonova O.I. Hygienic aspects of occupational neurosensory deafness in civil aviation pilots // Industr. med. — 2015. — 4. — P. 163–165 (in Russian).
5. Kuleshova M.V., Rusanova D.V., Katamanova E.V., et al. Emotional and physiologic features of civil aviation pilots with neurosensory deafness // Industr. med. — 2017. — 1. — P. 14–16 (in Russian).

6. On sanitary epidemiologic situation in Irkutsk region in 2016. Governmental report. — Irkutsk: Upravlenie Federal'noy sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka po Irkutskoy oblasti, 2017. — 232 p. (in Russian).

Поступила 09.08.2017

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Панков Владимир Анатольевич (Pankov V.A.),  
зав. лаб. эколого-гигиенич. иссл. ФГБНУ ВСИМЭИ; ст. препода. каф. гигиены и профпатологии ИГМАПО — фил. ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава РФ, д-р мед. наук. E-mail: pankov1212@mail.ru.

Кулешова Марина Владимировна (Kuleshova M.V.),  
науч. сотр. лаб. эколого-гигиенич. иссл. ФГБНУ ВСИМЭИ, канд. биол. наук. E-mail: mvk789@yandex.ru.

Шаяхметов Салим Файзыевич (Shayakhmetov S.F.),  
вед. науч. сотр. лаб. аналитич. экотоксикологии и биомониторинга ФГБНУ ВСИМЭИ, проф. каф. гиг. и профпатол. ИГМАПО — филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава РФ, д-р мед. наук, проф. E-mail: salimf53@mail.ru.

Лахман Олег Леонидович (Lakhman O.L.),  
врио дир. ФГБНУ ВСИМЭИ, зав. каф. гиг. и профпат. ИГМАПО — филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава РФ, д-р мед. наук, проф. РАН. E-mail: lakhman\_o\_l@mail.ru.

Бочкин Григорий Владимирович (Bochkin G.V.),  
очный асп. ФГБНУ ВСИМЭИ. E-mail: jassboxgrisha@mail.ru.

УДК 613.632:577.1:519.233.5

Кудаева И.В.<sup>1</sup>, Дьякович О.А.<sup>1</sup>, Маснавиева Л.Б.<sup>1</sup>, Дьякович М.П.<sup>1,2</sup>, Шаяхметов С.Ф.<sup>1</sup>

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ИНДЕКСА АТЕРОГЕННОСТИ У РАБОТАЮЩИХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РТУТИ

<sup>1</sup>ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 12а м/р, 3, г. Ангарск, РФ, 665827;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», ул. Чайковского, 60, г. Ангарск, РФ, 665835

Проведено 2-кратное обследование с интервалом 4–5 лет 77 мужчин со стажем работы в контакте с ртутью 5 и более лет. В сыворотке крови определялись концентрация общего холестерина (ОХ) и его фракции. Для каждого обследуемого рассчитывался уровень индивидуальной экспозиционной нагрузки за период работы во вредных условиях. С помощью множественной нелинейной регрессии с прямой пошаговой процедурой включения признаков было получено уравнение, выражающее связь переменной (предсказываемое значение индекса атерогенности) с предикторами: уровень индекса атерогенности (ИА) и значение экспозиционной нагрузки на момент обследования, рассчитанный возраст обследуемого на прогнозируемый момент. Полученная зависимость позволяет осуществлять прогнозирование ИА через 4–5 лет для своевременного осуществления профилактических и лечебных мероприятий у стажированных работников, экспонированных ртутью.

**Ключевые слова:** хроническое воздействие ртути; индекс атерогенности

Kudaeva I.V.<sup>1</sup>, Dyakovich O.A.<sup>1</sup>, Masnavieva L.B.<sup>1</sup>, Dyakovich M.P.<sup>1,2</sup>, Shayakhmetov S.F.<sup>1</sup> **Forecasting of atherogeneity indexes in workers under exposure to mercury.** <sup>1</sup>East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3, 12a m/d, Angarsk, Russian Federation, 665827; <sup>2</sup>Angarsk State Technical University, 60, Tchaikovsky str., Angarsk, Russian Federation, 665835

Twofold examination in 4–5 years interval covered 77 males exposed to mercury at work during 5 and more years. Serum examination included general cholesterol level and its fractions. For every examinee, level of individual exposure load during the work in hazardous conditions was calculated. Multiple nonlinear regression with direct step-by-step inclusion of signs helped to receive an equation expressing relation of variable (forecasting value of atherogeneity index) with predictors: atherogeneity index level and exposure load value at study, estimated age of examinee for forecasted time. The dependence obtained enables to forecast atherogeneity index in 4–5 years for timely preventive and therapeutic measures in workers with long length of service and exposed to mercury.

**Key words:** chronic exposure to mercury; atherogeneity index

В настоящее время большое значение придается определению факторов суммарного сердечно-сосудистого (СС) риска, представляющего собой обобщенное значение сочетания тех или иных факторов риска (ФР), показывающее уровень прогнозируемого риска развития смертельных и несмертельных СС осложнений [7]. Согласно национальным рекомендациям по артериальной гипертензии (АГ) 2010, 2013 гг. к факторам, определяющим общий суммарный риск развития СС осложнений, относятся нарушения липидного обмена, а именно: повышение уровней ОХ, холестерина липопротеинов низкой плотности (ХС ЛПНП), триглицеридов и снижение содержания холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС ЛПВП) [9].

Одним из интегральных информативных характеристик липидного спектра плазмы крови является ИА, отражающий отношение атерогенных липопротеинов к антиатерогенным. У здоровых мужчин 20–30 лет ИА составляет примерно 2,5 ед., 40–60 лет — 3–3,5 ед., у пациентов этого же возраста с ишемической болезнью сердца (ИБС) величина коэффициента ИА составляет больше 4, достигая нередко 5–6 ед. и более [6]. У лиц с АГ наиболее чувствительным среди показателей липидного спектра сыворотки крови, имеющим значение в структурно-функциональной перестройке левого желудочка при данной патологии, является ИА [6]; установлена высокая прогностическая значимость ИА в отношении риска смерти от основных заболеваний, связанных с атеросклерозом (ИБС и мозговых инсультов) [2]. На сегодняшний день определены целевые уровни около 10 основных ФР, в число которых входят показатели липидного обмена, включая ИА [9]. Целевым уровнем ИА как ФР сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), рекомендованным Европейским обществом кардиологов (European Guidelines on Cardiovascular Disease Prevention, 2007), считается значение меньше 3 [12,15]. При его величинах от 3,0 до 4,9 риск считается средним, более 5 — высоким.

К факторам, обладающим модифицирующим влиянием на показатели липидного обмена, могут быть отнесены химические соединения, в том числе, ртуть, обладающая широким спектром токсического воздействия на организм человека. Выявлено, что высокое содержание ртути в волосах ассоциировано с увеличением прогрессирования атеросклероза и риска ССЗ [13]. Показана роль ртути в развитии атеросклероза и в условиях *in vitro* [14]. Установлена потенциальная роль данного токсиканта в качестве риска развития ССЗ в когортных исследованиях ФР ИБС [13] среди дантистов и рабочих, экспонированных ртутью [3–5,10].

Считается, что, зная основные ФР ССЗ, можно определить унифицированное значение — уровень общего риска развития СС осложнений для каждого индивидуума. Например, у мужчины 55 лет, обратившемся к врачу по поводу АГ (160/100 мм рт. ст.), уровень прогнозируемого СС риска составляет 4%, однако при учете двух ФР (курения и уровня ОХ — 5,6

ммоль/л), суммарный риск развития СС осложнений увеличивается до 10% [12]. Учитывая, что с увеличением возраста появляется вероятность развития проатерогенных нарушений, важно осуществлять прогнозирование ИА для молодых людей, уже имеющих неблагоприятный профиль риска [15].

**Цель исследования** — разработка способа, позволяющего осуществлять индивидуальное прогнозирование с учетом возраста значений индекса атерогенности у лиц, контактирующих с ртутью.

**Материалы и методы.** Проведено 2-кратное обследование с интервалом 4–5 лет 77 мужчин, подвергающихся воздействию паров ртути, которые были разделены на группы в зависимости от стажа на момент обследования. Группу I составили 32 человека со стажем 5–9 лет, группу II — 19 рабочих (стаж 10–14 лет), группу III — 26 лиц со стажем 15 и более лет. Обучающая выборка включала 60 человек, экзаменуемая — 17. Факторами включения в обследование являлись: контакт с парами металлической ртути более 5 лет, возраст от 25 до 60 лет, отсутствие профессионального заболевания и СС патологии в виде ИБС и II, III стадии АГ. Факторы исключения — наличие в анамнезе сахарного диабета, стенокардии, патологии печени и почек, нарушений мозгового кровообращения, ранние изменения липидного обмена у родственников.

В сыворотке крови, взятой после 12-часового перерыва в приеме пищи, проводилось определение ОХ, ХС ЛПВП с использованием тест-систем. Содержание ХС ЛПНП рассчитывали по формуле Фридлянда, ИА — соотношением атерогенных фракций холестерина к неатерогенным [9]. Расчет уровня индивидуальной токсической экспозиционной нагрузки (ИТЭН) за период работы во вредных условиях на момент обследования проводился в соответствии с методическими рекомендациями «Оценка профессионального риска у работников химических производств с учетом экспозиционной токсической нагрузки» [1,8].

Статистическая обработка результатов осуществлялась при помощи программы Statistica 6.0 Stat\_Soft® Inc. Для сравнения количественных признаков в двух связанных выборках был применен тест Вилкоксона. Прогнозирование осуществлялось при помощи множественной нелинейной регрессии с прямой пошаговой процедурой включения признаков. Критический уровень значимости  $p$  при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05. Результаты представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного диапазона (Q25–Q75).

**Результаты и их обсуждение.** На момент первого обследования возраст и стаж в контакте с ртутью работающих группы I составил 33 (29–41) года и 7,0 (6,0–7,0) лет, группы II — 38 (35–49) лет и 11,5 (10–13) года, группы III 45 (42–51) лет и 20,5 (17–23) лет соответственно. Экспозиционная нагрузка в I–III группах была 0,91 (0,66–1,02) мг, 1,78 (1,37–2,07) мг и 4,39 (3,38–5,94) мг.

Таблица

**Показатели липидного обмена в динамике исследования у работающих в контакте с ртутью, Ме (Q25-Q75)**

| Группа | Общий холестерин, мМ/л | Холестерин липопротеинов высокой плотности, мМ/л | Холестерин липопротеинов низкой плотности, мМ/л | Индекс атерогенности |
|--------|------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------|
| I      | 4,8 (3,8–5,4)          | 1,15 (1,06–1,34)                                 | 3,21 (2,50–3,54)                                | 3,1 (2,4–3,6)        |
|        | 5,1 (4,4–5,7)          | 1,01 (0,81–1,18)                                 | 3,52 (2,96–3,79)                                | 4,2 (3,2–5,0)        |
|        | p=0,005                | p=0,010                                          | p=0,004                                         | p=0,001              |
| II     | 5,1 (4,2–5,6)          | 1,02 (0,95–1,09)                                 | 3,32 (2,23–3,72)                                | 4,2 (2,6–4,8)        |
|        | 4,8 (4,6–5,8)          | 0,95 (0,91–0,96)                                 | 3,35 (2,94–4,25)                                | 4,9 (3,9–5,4)        |
|        | p=0,670                | p=0,370                                          | p=0,880                                         | p=0,100              |
| III    | 5,3 (4,6–5,9)          | 0,99 (0,89–1,26)                                 | 3,35 (2,75–4,04)                                | 4,1 (3,0–4,7)        |
|        | 5,7 (4,9–6,5)          | 0,92 (0,78–1,10)                                 | 4,02 (3,45–4,80)                                | 5,2 (3,7–6,7)        |
|        | p=0,098                | p=0,093                                          | p=0,0009                                        | p=0,001              |

Примечания: над чертой представлены значения показателей при первом обследовании, под чертой — при втором обследовании, p — уровень статистической значимости различий между показателями при первом и втором обследованиях.

Анализ показателей холестеринного обмена у работающих, экспонированных ртутью, выявил статистически значимое увеличение уровня ОХ у лиц I и III групп, сопровождающееся изменениями содержания ХС ЛПВП, ХС ЛПНП и ХС ЛПОНП, свидетельствующими о проатерогенных изменениях в липидном спектре (табл.). Повышение ИА было характерно для всех групп, его наиболее высокие значения отмечены у лиц со стажем работы во вредных условиях более 15 лет. При этом у лиц I группы, несмотря на более молодой возраст и наименьший уровень ИТЭН, было выявлено повышение уровня ОХ и снижение содержания ХС ЛПВП, чего не наблюдалось в группах II и III.

В данной гипотетической модели учитывается ИТЭН на момент обследования и делается допущение, что с течением времени (до прогнозируемого момента) данный показатель не изменяется. Это возможно при улучшении условий труда работающих, а также при отсутствии контакта с токсикантом. Для расчета прогнозируемого значения ИА необходимы данные о возрасте пациента, значения ИТЭН и ИА на момент обследования. Создание модели, позволяющей прогнозировать изменение значения ИА, было осуществлено с применением множественной нелинейной регрессии с прямой пошаговой процедурой включения признаков. Получено следующее уравнение:

$$Y = 9,657 + 0,086 \cdot (IA_1)^2 + 0,022 \cdot (ИТЭН_1)^2 - 0,268 \cdot ВОЗР_2 + 0,0026 \cdot (ВОЗР_2)^2,$$

где Y — прогнозируемое значение ИА,  $IA_1$  — значение ИА на момент обследования,  $ИТЭН_1$  — уровень ИТЭН на момент обследования (мг),  $ВОЗР_2$  — рассчитанный возраст на прогнозируемый момент (возраст на момент обследования + 4–5 лет) (лет), 9,6567 — константа, 0,086; 0,022; 0,268; 0,0026 — коэффициенты предикторов, в качестве которых выступали уровень ИА, значение ИТЭН на момент обследования и возраст обследуемого, рассчитанный к прогнозируемому моменту. Для данной модели  $R=0,584$ ,  $R^2=0,341$ ,  $F(4,49)=6,337$ ,  $p<0,0003$ .

В результате верификации полученной математической модели на экзаменуемой группе была установлена ее адекватность в 90% случаев [ДИ 85; 97].

Достоверность прогноза значений ИА, полученных с помощью предлагаемой модели, приведены ниже.

*Клинический случай 1.* Пациент Д., мужчина, 33 года, стаж работы в контакте с парами металлической ртути 8 лет. На момент обследования уровень ОХ составил 4,88 мМ/л, ХС ЛПВП — 0,88 мМ/л, ХС ЛПНП — 3,44 мМ/л, ИА — 4,56, ИТЭН ртутью — 0,599 мг.

Прогнозируемое значение ИА через 4 года:

$$Y = 9,657 + 0,086 \cdot (4,56)^2 + 0,022 \cdot (0,599)^2 - 0,268 \cdot 37 + 0,0026 \cdot (37)^2 = 5,1$$

На момент обследования пациента уровни ОХ, ХС ЛПНП находились в пределах референтных значений, содержание ХС ЛПВП было на 2% ниже нормы, а значение ИА уже превышало референтную границу (2,0–4,0). Прогнозируемое значение ИА составило 5,1, что свидетельствует о дальнейшем его росте и увеличении риска развития ССЗ. Поэтому, несмотря на молодой возраст, необходимо проведение профилактических мероприятий, направленных на предотвращение развития атеросклероза. При повторном обследовании пациента через 4 года значение ИА составило 5,3. Таким образом, отклонение прогнозируемого уровня ИА от фактического составило 3,9%, что указывает на высокую степень статистической значимости прогноза.

*Клинический случай 2.* Пациент А., мужчина, 42 года, стаж работы в контакте с парами металлической ртути 17 лет. Значения показателей липидограммы на момент обследования: ОХ — 4,3 мМ/л, ХС ЛПВП — 1,3 мМ/л, ХС ЛПНП — 2,64 мМ/л, ИА — 2,31, ИТЭН ртутью — 5,132 мг.

Рассчитанное по разработанной нами модели прогнозируемое значение ИА через 4 года составило 3,89. Следует отметить, что на момент обследования все показатели липидограммы находились в пределах рефе-

рентных значений. Прогнозирование индивидуально-го уровня ИА свидетельствует о его росте в пределах нормы, что говорит о низком риске развития ССЗ. Однако, учитывая возраст обследуемого, необходим контроль состояния показателей липидного обмена. При повторном диспансерном наблюдении пациента через 4 года фактическое значение ИА было в пределах референтных уровней и составило 3,27. Отклонение прогнозируемого уровня ИА от фактического — 18%.

**Клинический случай 3.** Пациент П., мужчина, 27 лет, стаж работы в контакте с парами металлической ртути 3 года. На момент обследования уровень ОХ составил 4,15 мМ/л, ХС ЛПВП — 1,05 мМ/л, ХС ЛПНП — 2,55 мМ/л, ИА — 2,95, ИТЭН ртутью — 0,210 мг. Все показатели липидограммы в пределах референтных значений. Рассчитанное прогнозируемое значение ИА через 4 года составило 4,6. Следовательно, прогнозирование уровня ИА свидетельствует о его увеличении, превышающем референтную границу. На основании полученных данных пациенту следует рекомендовать контроль состояния показателей липидного обмена, а также ему необходимо проведение профилактических мероприятий, направленных на предотвращение развития атеросклероза. Значение ИА, которое было выявлено через 4 года при повторном обследовании пациента, было равно 4,22. Отклонение прогнозируемого уровня ИА от фактического составило 9%.

Полученное уравнение позволяет с высокой степенью статистической значимости прогнозировать у работающих, экспонированных ртутью, изменение значений ИА через несколько лет.

**Заключение.** Разработанный способ позволяет осуществлять прогнозирование у стажированных работников, экспонированных ртутью, индекса атерогенности через 4–5 лет для своевременного проведения профилактических и лечебных мероприятий, направленных на снижение риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES пп. 12–15)

- Дьякович М.П., Мещаклова Н.М., Казакова П.В. Влияние стажевой ртутной нагрузки на динамику хронической ртутной интоксикации профессионального генеза // *Acta biomedica scientifica*. — 2010. — №1. — С. 36–40.
- Климов А.Н., Никульчева Н.Г. Обмен липидов и липопротеидов и его нарушения. — СПб: Питер Ком, 1999. — 512 с.
- Кудаева И.В., Бударина Л.А. Изменение биохимических показателей при воздействии паров металлической ртути // *Acta biomedica scientifica*. — 2012. — №6 (88). — С. 24–27.
- Кудаева И.В., Бударина Л.А. Динамическое исследование липидного обмена у рабочих, контактирующих с ртутью // *Фундамент. иссл.* — 2012. — №5–1. — С. 52–57.
- Кудаева И.В., Дьякович О.А., Катаманова Е.В. и др. Клинико-биохимическая характеристика нарушений нервной системы и риски основных общепатологических синдромов у работающих на ртутном производстве // *Гиг. и санит.* — 2015. — Т. 94, №7. — С. 68–72.
- Маковеева Е.А. Индекс атерогенности как интегральный показатель поражения органа мишени (сердца) при гипертонической болезни // *Universum: Медицина и фармакология : электрон. науч. ж-л* — 2013. — №1 (1). URL: <http://7universum.com/ru/med/archive/item/322> (дата обращения: 16.05.17)
- Мамедов М.Н., Чепурина Н.А. Суммарный сердечно-сосудистый риск: от теории к практике. Пособие для врачей под ред. акад. Оганова Р.Г. — М., 2007. — 40 с. <http://www.cardioprog.ru/downloads/c8m0i23/сердечно-сосудистый%20риск.pdf> (дата обращения 20.07.2017)
- Мещаклова Н.М., Дьякович М.П., Шаяхметов С.Ф. Оценка профессионального риска у работников химических производств с учетом экспозиционной токсической нагрузки. Методические рекомендации. — Иркутск: РИО НЦ РВХ СО РАМН, 2013. — 19 с.
- Рукавишников В.С., Кудаева И.В., Шаяхметов С.Ф. и др. Липидный обмен при воздействии производственных факторов. Учеб. пособ. для врачей. — Иркутск: Изд-во ИГМАПО, 2014. — 76 с.
- Рукавишников В.С., Лахман О.Л., Соседова Л.М. и др. Профессиональные нейроинтоксикации: закономерности и механизмы формирования // *Мед. труда и пром. экология*. — 2014. — №4. — С. 1–6.
- Чазова И.Е., Ратова Л.Г., Бойцов С.А. Национальные рекомендации по диагностике и лечению артериальной гипертензии // *Системные гипертензии*. — 2010. — №3. — С. 5–26.

#### REFERENCES

- D'yakovich M.P., Meshchakova N.M., Kazakova P.V. Influence of long-standing exposure to mercury on dynamics of chronic occupational mercury intoxication // *Acta biomedica scientifica*. — 2010. — 1. — P. 36–40 (in Russian).
- Klimov A.N., Nikul'cheva N.G. Lipid and lipoproteids metabolism and its disorders. — St-Petersburg: Piter Kom., 1999. — 512 p. (in Russian).
- Kudaeva I.V., Budarina L.A. Changes of biochemical parameters under exposure to metallic mercury vapors // *Acta biomedica scientifica*. — 2012. — 6 (88). — P. 24–27 (in Russian)
- Kudaeva I.V., Budarina L.A. Dynamic study of lipid metabolism in workers exposed to mercury // *Fundamental'nye issledovaniya*. — 2012. — 5–1. — P. 52–57 (in Russian).
- Kudaeva I.V., D'yakovich O.A., Katamanova E.V., et al. Clinical and biochemical characteristic of nervous system disorders and main general pathology syndromes risk in workers engaged into mercury production // *Gig. i sanit.* — 2015. — Vol. 94. — 7. — P. 68–72 (in Russian).
- Makoveeva E.A. Atherogeneity index as integral parameter of target organ (heart) injury in arterial hypertension // *Universum: Meditsina i farmakologiya: elektron. nauch. J.* — 2013. — 1 (1). — URL: <http://7universum.com/ru/med/archive/item/322> (accessed at: 16.05.17).
- Mamedov M.N., Chepurina N.A. Total cardiovascular risk: from theory to practice. In: Academician Oganov R.G., ed. Manual for doctors. — Moscow, 2007. — 40 p.

<http://www.cardioprogess.ru/downloads/c8m0i23/serdechno-sosudisty%20risk.pdf> (accessed at 20.07.2017).

8. Meshchakova N.M., D'yakovich M.P., Shayakhmetov S.F. Evaluation of occupational risk in chemical production workers, with consideration of exposure toxic load. — Irkutsk: RIO NTs RVKh SO RAMN, 2013. — 19 p. (in Russian).

9. Rukavishnikov V.S., Kudaeva I.V., Shayakhmetov S.F., et al. Lipid metabolism under exposure to occupational factors. Textbook for doctors. — Irkutsk: Izd-vo IGMAPO, 2014. — 76 p. (in Russian).

10. Rukavishnikov V.S., Lakhman O.L., Sosedova L.M., et al. Occupational neurointoxications: concepts and mechanisms of formation // Industr. med. — 2014. — 4. — P. 1–6 (in Russian).

11. Chazova I.E., Ratova L.G., Boytsov S.A. National recommendations on diagnosis and treatment of arterial hypertension. Sistemye gipertenzii, 2010; 3: 5–26 (in Russian)

12. Conroy R.M., Pyorala K., Fitzgerald A.P. et al. Estimation of ten-year risk of fatal cardiovascular disease in Europa: the SCORE project // European Heart J. — 2003. — Vol. 24. — P. 987–1003.

13. Klein J.C., Crandall C.G., Brothers R.M. Carter J.R. Combined heat and mental stress alters neurovascular control in humans // J. of Applied Physiology. — 2010. — Vol. 109. — №6. — P. 1880–1806.

14. Lund B.O., Miller D.M., Woods J.S. Studies on Hg(II)-induced H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> formation and oxidative stress in vivo and in vitro in rat kidney mitochondria // Biochemical Pharmacology. — 1993. — Vol. 45. — №10. — P. 2017–2024.

15. Perk J., De Backer G., Gohlke H. European Guidelines of CVD prevention in clinical practice // European Heart Journal. — 2012. — Vol. 33. — P. 1635–1701.

Поступила 09.08.2017

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Кудаева Ирина Валерьевна (Kudaeva I.V.),  
зам. дир. по науч. раб., зав. клинко-диагностич. лаб.  
ФГБНУ ВСИМЭИ, д-р мед. наук, доц. E-mail: kudaeva\_irina@mail.ru.

Дьякович Ольга Александровна (Dyakovich O.A.),  
науч. сотр. лаб. иммуно-биохимич. и молекулярно-генетич. иссл. в гигиене ФГБНУ ВСИМЭИ, канд. биол. наук.  
E-mail: dyakovich.olga@mail.ru.

Маснабиева Людмила Борисовна (Masnavieva L.B.),  
ст. науч. сотр. лаб. иммуно-биохимич. и молекулярно-генетич. иссл. в гигиене ФГБНУ ВСИМЭИ, канд. биол. наук.  
E-mail: masnavieva\_luda@mail.ru.

Дьякович Марина Пинхасовна (Dyakovich M.P.),  
вед. науч. сотр. лаб. эколого-гигиенич. исследований  
ФГБНУ ВСИМЭИ; зав. каф. экономики, маркетинга и  
психологии управления ФГБОУ ВО АргТУ, д-р биол. наук,  
проф. E-mail: marik914@rambler.ru.

Шаяхметов Салим Файзыевич (Shayakhmetov S.F.),  
вед. науч. сотр. лаб. аналитич. экотоксикологии и биомониторинга ФГБНУ ВСИМЭИ, д-р мед. наук, проф.

УДК 613.6.027:616–092

Черняк Ю.И., Шевченко О.И., Лахман О.Л.

### ПОЛИМОРФНЫЕ ЛОКУСЫ HSPA1 ГЕНОВ И БИОЛОГИЧЕСКИЙ ВОЗРАСТ У ЛИЦ, ПОДВЕРГШИХСЯ ХРОНИЧЕСКОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПАРОВ РТУТИ

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 12а м/р, 3, г. Ангарск, РФ, 665827

Обследованы 98 бывших рабочих производства каустика, подвергшихся хроническому воздействию паров ртути, которые были распределены в две группы: 1-я (n=44) — не имеющих диагноза хроническая ртутная интоксикация (ХРИ), 2-я (n=54) — с установленным диагнозом ХРИ. С помощью ПЦР-ПДРФ анализа изучены полиморфные варианты генов HSPA1A (+190G/C), HSPA1B (+1267A/G) и HSPA1L (+2437T/C), программы «Диагностика старения: биовозраст» — определены биологический возраст (БВ) и выраженность старения (ВС), определяемая как разница между БВ и календарным возрастом (КВ). Выявлена повышенная частота GG-HSPA1B (+1267A/G) генотипа в группе пациентов с диагнозом ХРИ (p=0,011), отмечено увеличение БВ у носителей GG генотипов (p=0,042) по сравнению с остальными пациентами группы 2. Полученные результаты свидетельствуют о вовлеченности изученного полиморфного локуса (+1267A/G) гена HSPA1B в механизмы формирования и прогрессирования ХРИ и могут быть учтены для выработки персонализированных подходов к профилактике и лечению ХРИ.

**Ключевые слова:** ртуть; хроническое воздействие; хроническая ртутная интоксикация; белки теплового шока 70; полиморфизм генов; биологический возраст; темпы старения

Chernyak Yu.I., Shevchenko O.I., Lakhman O.L. Polymorph loci HSPA1 of genes, and biologic age in individuals with chronic exposure to mercury vapors. East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3, 12a m/r, Angarsk, Russian Federation, 665827

Examination covered 98 former workers of causticum production, with chronic exposure to mercury vapors, who were divided into 2 groups: first (n=44) — without chronic mercury intoxication diagnosis, second (n=54) — with chronic mercury intoxication diagnosis. Via PCR-PDRF analysis, the authors studied polymorph variants of genes HSPA1A (+190G/C), HSPA1B (+1267A/G) and HSPA1L (+2437T/C), «Ageing diagnosis: biologic age» program helped to assess biologic age and ageing intensity as difference between biologic age and calendar age. Findings are increased frequency of GG-HSPA1B (+1267A/G) genotype in the group with chronic mercury intoxication diagnosis (p=0.011), increased biologic age in GG genotype carriers (p=0.042), if compared to the rest of group 2. The results obtained prove involvement of the studied polymorph locus (+1267A/G) of HSPA1B gene into mechanisms of chronic mercury intoxication development and progression, and could be considered in elaboration of personified approaches to prevention and treatment of chronic mercury intoxication.

**Key words:** *mercury; chronic exposure; chronic mercury intoxication; heat shock proteins 70; gene polymorphism; biologic age; ageing rate*

Патофизиологические механизмы формирования и прогрессирования тяжелого органического поражения головного мозга у больных в отдаленном периоде ХРИ недостаточно изучены [2]. Выявление у пациентов с ХРИ очагов атрофии мозжечка, расцениваемых как признак нейродегенеративных процессов, обусловило интерес к белкам теплового шока (HSP), играющих ключевую роль в патогенезе различных нейродегенеративных заболеваний [11]. Было установлено, что генотипы CC-HSPA1A (+190G/C) и GG-HSPA1B (+1267A/G) имеют высокий предиктивный риск развития ХРИ, а ассоциация названных генотипов и их комбинации у пациентов с диагнозом ХРИ свидетельствовала о значимой роли HSPA1 (HSP70) генов в механизмах формирования и прогрессирования заболевания [5]. Вместе с тем имеются данные о том, что полиморфизм HSPA1L (+2437T/C) может влиять на шаперонную функцию HSP70, а носительство CC генотипа является неблагоприятным для продолжительности жизни человека [9]. Также была отмечена значимая ассоциация между уровнями HSP70 и выраженностью когнитивных нарушений у гериатрических пациентов [8]. Установлена связь старения и некоторых нейродегенеративных заболеваний с нарушением белкового гомеостаза или протеостаза [7].

Очевидно, что неблагоприятные факторы способны интенсифицировать возрастные процессы, обуславливая преждевременное старение и, как следствие, сокращение продолжительности жизни [1]. В результате проведенных исследований была выполнена количественная оценка процессов старения при профессиональных нейротоксикозах, показано ускорение темпов биологического старения у работников химических предприятий с установленным диагнозом ХРИ, подвергшихся воздействию паров металлической ртути [4]. При этом следует отметить отсутствие каких-либо данных об ассоциации полиморфных вариантов HSP генов с показателями преждевременного старения у данной категории больных, которые могли бы способствовать разработке дополнительных критериев оценки индивидуальной чувствительности организма и риска развития заболевания.

**Цель работы** — исследование зависимости интегральных показателей биологического старения от

носительства генотипов полиморфных локусов HSPA1A генов у бывших рабочих, подвергшихся хроническому воздействию паров металлической ртути.

**Материал и методики.** Проведено обследование 98 мужчин, занятых ранее в производстве каустика методом ртутного электролиза, которые более 10 лет (за исключением пяти человек) подвергались хроническому воздействию паров металлической ртути на двух предприятиях Восточной Сибири (в 1998 и 2006 гг. переведены на диафрагменную технологию). Обследуемые были распределены в две группы: группа 1 (n=44) — контактировавшие с ртутью и не имеющие диагноза ХРИ, группа 2 (n = 54) — с установленным диагнозом ХРИ.

Забор образцов крови и исследования выполнены во время углубленных обследований в клинике ВСИМЭИ. От каждого человека было получено информированное согласие на участие в обследовании, одобренное в установленном порядке Комитетом по биомедицинской этике.

Для исследования полиморфных локусов генов HSPA1A (+190G/C, rs1043618), HSPA1B (+1267A/G, rs1061581) и HSPA1L (+2437T/C, rs2227956) использовали венозную кровь, полученную от обследованных по стандартной процедуре в вакутейнеры с K<sub>3</sub> ЭДТА. Кровь до выполнения анализов хранили при температуре –70 °С. ДНК выделяли с помощью комплекта реагентов «ДНК-сорб-В» (Институт эпидемиологии, Москва, Россия), затем последовательно выполняли ПЦР в амплификаторе «Терцик» («ДНК-Технология», Россия) и анализ полиморфизма длины рестрикционных фрагментов. Для генотипирования использовали праймеры, синтезированные фирмой «Медиген» (Новосибирск, Россия), эндонуклеазы рестрикции от «Fermentas»/«Thermo Scientific» (Литва). Структура праймеров, типы рестриктаз и условия проведения амплификации детально описаны в работе [6]. Электрофорез для HSPA1B и HSPA1L генов осуществлялся в 1,5% агарозном геле, для HSPA1A гена — в 7,5% полиакриламидном геле. Результаты реакций оценивались в проходящем УФ-свете после окрашивания этидиумом бромидом.

Определение интегральных показателей, характеризующих БВ, выполнялось с помощью программы

«Диагностика старения: биовозраст», параметры которой детально изложены нами ранее [4].

Статистический анализ выполнен с использованием пакета прикладных программ «Statistica 6.1» (StatSoft, USA) и программы SNPStats [10]. Использовался  $\chi^2$ -тест для проверки соответствия равновесию Харди-Вайнберга. Различия между группами по частотам аллелей и генотипов оценивались с помощью точного критерия Фишера (двусторонний тест), для количественных показателей — непараметрический U критерий Манна-Уитни. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Результаты обследования представлены в табл. 1. Распределение частот

генотипов для изученных полиморфных вариантов генов в обеих группах соответствовало равновесию Харди-Вайнберга. Для полиморфного локуса *HSPA1B* (+1267A/G) выявлены значимые различия в группе пациентов с диагнозом ХРИ, выражающиеся повышенной частотой GG генотипа ( $p=0,011$ ), а также G аллеля (на границе статистической значимости,  $p=0,050$ ). Отметим, что GG генотип был обнаружен у 11 из 54 пациентов группы 2 (20%) и одного обследованного из группы 1 (2%), то есть 11 из 12 носителей данного генотипа имели диагноз ХРИ (97%). Для полиморфных локусов генов *HSPA1A* (+190G/C) и *HSPA1L* (+2437T/C) различия в распределении частот аллелей/генотипов не выявлены.

Таблица 1

### Основные характеристики обследованных групп

| Ген (полиморфный локус), аллели, генотипы* | Группа 1, n = 44 | Группа 2, n = 54 | P***  |
|--------------------------------------------|------------------|------------------|-------|
| <b><i>HSPA1B</i> (+1267A/G)</b>            |                  |                  |       |
| A                                          | 64 (73)          | 63 (58)          | 0,050 |
| G                                          | 24 (27)          | 45 (42)          |       |
| AA                                         | 21 (48)          | 20 (37)          | 0,107 |
| AG                                         | 22 (50)          | 33 (43)          | 0,310 |
| GG                                         | 1 (2)            | 11 (20)          | 0,011 |
| <b><i>HSPA1A</i> (+190G/C)</b>             |                  |                  |       |
| G                                          | 64 (73)          | 66 (61)          | 0,096 |
| C                                          | 24 (27)          | 42 (39)          |       |
| CC                                         | 3 (7)            | 8 (15)           | 0,336 |
| GC                                         | 18 (41)          | 26 (48)          | 0,543 |
| GG                                         | 23 (52)          | 20 (37)          | 0,155 |
| <b><i>HSPA1L</i> (+2437T/C)</b>            |                  |                  |       |
| T                                          | 68 (77)          | 86 (80)          | 0,728 |
| C                                          | 20 (23)          | 22 (20)          |       |
| CC                                         | 2 (5)            | 2 (4)            | 1,000 |
| TC                                         | 16 (36)          | 18 (33)          | 0,832 |
| TT                                         | 26 (59)          | 34 (63)          | 0,835 |
| <b>Показатели**</b>                        |                  |                  |       |
| Календарный возраст, лет                   | 49 (42–54)       | 52,5 (49–56)     | 0,001 |
| Биологический возраст, лет                 | 52,2 (43,8–59,3) | 62,4 (56,1–70,7) | 0,000 |
| Выраженность старения, лет                 | 2,85 (–1,7–9)    | 10,4 (6,4–17)    | 0,000 |
| Стаж, лет                                  | 18 (13–23)       | 16 (11–21)       | 0,188 |

Примечания: результаты представлены в виде: \* — абсолютных значений (%), \*\* — медианы (Me) и интерквартильного размаха (LQ-UQ), \*\*\* — различий по U критерию Манна-Уитни.

Таблица 2

### Изученные показатели в зависимости от генотипа локуса (+1267) *HSPA1B* гена

| Показатель, лет*      | Генотип                 |                        | P**   |
|-----------------------|-------------------------|------------------------|-------|
|                       | GG группы 1 и 2, n = 12 | AA+AG группа 2, n = 43 |       |
| Календарный возраст   | 54,5 (49–56,5)          | 52 (49–56)             | 0,369 |
| Биологический возраст | 70,5 (59,2–81,4)        | 60,6 (55,6–68,1)       | 0,042 |
| Выраженность старения | 18 (7,6–29,8)           | 10,2 (3,9–16,4)        | 0,078 |
| Стаж                  | 17,5 (13,5–22)          | 16 (11–20)             | 0,380 |

Примечания: результаты представлены в виде \* — медианы (Me) и интерквартильного размаха (LQ-UQ), \*\* — различий по U критерию Манна-Уитни.

Обследованные группы существенно различались по КВ и БВ ( $p=0,001$  и  $p=0,000$  соответственно), выраженности старения ( $p=0,000$ ), что проявлялось в их повышенных значениях у лиц группы 2 по сравнению с группой 1. Следует отметить, что изученные группы обследованных не отличались по стажу работы в контакте с парами ртути. Очевидно, что различия по КВ нивелируют значимость увеличения БВ и ВС в группе 2. При этом обращает на себя внимание обозначившийся факт, что если КВ и БВ превышали (по медиане) соответствующие показатели в группе 1 в 1,07 и 1,2 раза, то ВС — в 3,65 раза.

На следующем этапе были рассмотрены различия по связанным с биологическим возрастом показателям и стажем между группой носителей GG-HSPA1B (+1267A/G) генотипа, включая одного обследованного из группы 1, и пациентами с диагнозом ХРИ, после исключения из нее 11 индивидов (табл. 2). Проведенный анализ выявил у носителей GG генотипов увеличение БВ ( $p=0,042$ ), а также тенденцию той же направленности для ВС ( $p=0,078$ ). Принципиально то, что названные изменения отмечены на фоне отсутствия различий между группами по КВ и стажу.

Необходимо отметить, что в настоящем исследовании оценивались различия между двумя группами бывших рабочих, подвергшихся хроническому воздействию паров ртути, без установленного диагноза (группа 1) и с установленным диагнозом (группа 2) ХРИ. Учитывая предыдущий опыт работы с этой когортой, нельзя исключить, что у некоторых рабочих группы 1 возможно формирование ХРИ в будущем. Анализ полученных результатов выявил всего четыре носителя CC-HSPA1L (+2437T/C) генотипа (по два в каждой группе). Только к одному из них (группа 2) могут быть отнесены предположения, касающиеся неблагоприятных прогнозов на продолжительность жизни [9]: выраженность старения — 19,9 года при календарном возрасте 40 лет. Для остальных трех индивидов этот показатель имел следующие значения: -9,21, -7,3 и 0,18. Интересно, что во всех четырех случаях наблюдалось носительство сочетания CC-HSPA1L и AA-HSPA1B генотипов. К сожалению, имеющиеся данные не позволили рассмотреть различия для CC-HSPA1A (+190G/C) генотипа и сочетания двух гомозигот из редких аллелей (CC-HSPA1A и GG-HSPA1B), значимость которых была показана для большей выборки [5].

Обсуждая значимость полученных результатов, необходимо обратить внимание на некоторые ограничения. Прежде всего, к ним следует отнести: небольшое количество индивидов в группах; отсутствие группы сравнения из практически здоровых лиц, не имевших профессионального контакта со ртутью, которая могла бы позволить получить представление на уровне популяции об ассоциации носительства редкой гомозиготы GG с темпами старения; а также ряд других моментов, которым было уделено внимание в наших работах [3, 5]. Кроме того, в работе отсутствует анализ приори-

ды выявленных различий от биомаркеров старения (физиологических показателей), который может быть предметом будущих исследований.

Таким образом, выявлена высокая частота GG-HSPA1B (+1267A/G) генотипа в группе пациентов с диагнозом ХРИ, а у носителей GG генотипов — увеличение биологического возраста по сравнению с остальными пациентами с данным заболеванием. Полученные результаты свидетельствуют о вовлеченности изученного полиморфного локуса HSPA1B гена в механизмы формирования и прогрессирования хронической ртутной интоксикации, могут быть учтены для выработки персонализированных подходов к профилактике и лечению ХРИ.

#### Выводы:

1. Исследование хронического воздействия парами металлической ртути на работающих выявило, что носительство гомозиготы по редкому аллелю GG полиморфного локуса HSPA1B (+1267A/G) не только ассоциирует с высоким риском развития ХРИ, но и характеризуется увеличением биологического возраста индивида.
2. Полученные результаты обосновывают целесообразность их проверки с привлечением экспонированных ртутью групп из различных популяций, в том числе с хронической ртутной интоксикацией.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 5–11)

1. Кутакова Н.С., Шушкова Т.С., Юдина Т.В. Методология оценки темпов биологического старения в гигиенических исследованиях (обзор литературы) // Вестник РГМУ. — 2013. — №5–6. — С. 59–63.
2. Лахман О.А., Катаманова Е.В., Константинова Т.Н. и др. Современные подходы к классификации профессиональной интоксикации ртутью // Экология человека. — 2009. — №12. — С. 22–27.
3. Черняк Ю.И. Ассоциация полиморфных локусов генов HSPA1 с формированием хронической ртутной интоксикации // Экология человека. — 2016. — № 9. — С. 10–14.
4. Шевченко О.И., Катаманова Е.В., Лахман О.А. Темпы биологического старения и их взаимосвязь с нейропсихологическими особенностями у пациентов с профессиональными нейротоксикациями // Экол. чел. — 2017. — №3. — С. 10–14.

#### REFERENCES

1. Kutakova N.S., Shushkova T.S., Yudina T.V. Methodology of evaluating biologic ageing speed in hygienic studies (review of literature) // Vestnik RGMU. — 2013. — 5–6. — P. 59–63 (in Russian).
2. Lakhman O.L., Katamanova E.V., Konstantinova T.N., et al. Contemporary approaches to classification of occupational mercury intoxication // Ekologiya cheloveka. — 2009. — 12. — P. 22–27 (in Russian).
3. Chernyak Yu.I. Association of polymorph loci of HSPA1A genes with chronic mercury intoxication development // Ekologiya cheloveka. — 2016. — 9. — P. 10–14 (in Russian).

4. Shevchenko O.I., Katamanova E.V., Lakhman O.L. Biologic ageing speed and its relations with neuropsychic features in patients with occupational neurointoxications // *Ekologiya cheloveka*. — 2017. — 3. — P. 10–14 (in Russian).
5. Chernyak Yu.I., Merinova A.P. HSP70 (HSPA1) polymorphisms in former workers with chronic mercury vapor exposure // *Int J Occup Med Environ Health*. — 2017. — 30 (1). — P. 77–85.
6. Li J.X., Tang B.P., Sun H.P. et al. Interacting contribution of the five polymorphisms in three genes of Hsp70 family to essential hypertension in Uygur ethnicity // *Cell Stress Chaperones*. — 2009. — 4. — P. 355–362.
7. López-Otín C., Blasco M.A., Partridge L. et al. The Hallmarks of aging // *Cell*. — 2013. — 153. — P. 1194–1217.
8. Njemini R., Bautmans I., Onyema O.O. et al. Circulating heat shock protein 70 in health, aging and disease // *BMC Immunol*. — 2011. — 12(24). — 8 p. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3074541/> (accessed 29.02.2015).
9. Singh R., Kolvraa S., Bross P. et al. Reduced heat shock response in human mononuclear cells during aging and its association with polymorphisms in HSP70 genes // *Cell Stress Chaperones*. — 2006. — 3. — P. 208–215.
10. Solé X., Guinó E., Valls J. et al. SNPStats: A web tool for the analysis of association studies // *Bioinformatics*. — 2006. — 22. — P. 1928–1929.
11. Turturici G., Sconzo G., Geraci F. Hsp70 and its molecular role in nervous system diseases // *Biochem Res Int*. — 2011. — 18 p. Available at: <https://www.hindawi.com/journals/bri/2011/618127/> (accessed 14.02.2015).

Поступила 09.08.2017

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Черняк Юрий Ильич (Chernyak Yu.I.),  
вед. науч. сотр. лаб. иммуно-биохимич. и молекулярно-генетич. иссл. в гигиене ФГБНУ ВСИМЭИ, д-р биол. наук.  
E-mail: yuri\_chernyak@hotmail.com.

Шевченко Оксана Ивановна (Shevchenko O.I.),  
ст. науч. сотр. лаб. проф. и экологич. обусловленной патологии ФГБНУ ВСИМЭИ, канд. биол. наук. E-mail: oich68@list.ru.

Лакман Олег Леонидович (Lakhman O.L.),  
врио дир. ФГБНУ ВСИМЭИ, проф. РАН, д-р мед. наук, проф. E-mail: lakhman\_o\_l@mail.ru.

УДК 613.63: 614.71

Мещаклова Н.М.<sup>1</sup>, Лемешевская Е.П.<sup>2</sup>, Шаяхметов С.Ф.<sup>1,3</sup>, Журба О.М.<sup>1</sup>

# ГИГИЕНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ОСНОВНЫХ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ В ПРОИЗВОДСТВАХ ВИНИЛХЛОРИДА И ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

<sup>1</sup>ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», м/р 12а, 3, г. Ангарск, РФ, 665827;<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет», ул. Красного восстания, 2, г. Иркутск, РФ, 664003;<sup>3</sup>Иркутская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава РФ, м/р Юбилейный, 100, г. Иркутск, РФ, 664049

В статье дана гигиеническая оценка основных неблагоприятных факторов в производствах винилхлорида (ВХ) и поливинилхлорида (ПВХ), представлены данные по ретроспективной оценке загрязненности воздуха рабочей зоны ВХ и 1,2 дихлорэтаном за многолетний период наблюдений. Показано значительное улучшение гигиенической обстановки на указанных производствах, в частности, существенное снижение концентраций вредных веществ и пыли полимера в воздухе рабочей зоны за счет модернизации оборудования, совершенствования технологического процесса.

**Ключевые слова:** производства винилхлорида и поливинилхлорида; условия труда; ретроспективная оценка химического фактора

Meshchakova N.M.<sup>1</sup>, Lemeshevskaya E.P.<sup>2</sup>, Shayakhmetov S.F.<sup>1,3</sup>, Zhurba O.M.<sup>1</sup> **Hygienic monitoring of major hazards in vinyl chloride and polyvinyl chloride production in East Siberia.** <sup>1</sup>East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3, 12a m/r, Angarsk, Russian Federation, 665827; <sup>2</sup>Irkutsk State Medical University, 2, Krasnogo Vosstaniya str., Irkutsk, Russian Federation, 664003; <sup>3</sup>Irkutsk State Medical Academy — Branch of Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, 100, Yubileiniy m/d, Irkutsk, Russian Federation, 664049

The article covers hygienic evaluation of main hazards in vinyl chloride and polyvinyl chloride production, presents data on retrospective evaluation of workplace air pollution with vinyl chloride and 1,2-dichloroethane over many years of observations. Findings are considerable improvement of hygienic situation on the stated enterprises, specifically, significant decrease of chemical hazards and the polymer dust concentrations in air of workplace due to equipment modernization, technologic process improvement.

**Key words:** vinyl chloride and polyvinyl chloride productions; work conditions; retrospective evaluation of chemical factor

Производство ВХ и полимера на его основе — ПВХ — в настоящее время является одной из быстро развивающихся отраслей химической индустрии, что обусловлено широким использованием ПВХ в различных отраслях промышленности и в быту [14].

По оценке международных специалистов в производстве ВХ и ПВХ задействовано около 2,2 млн человек, испытывающих воздействие ВХ [13]. Вместе с тем, установлено, что ВХ оказывает комплексное токсическое воздействие, характеризующееся поражением центральной нервной системы, мозга, печени, костной системы, соединительной ткани, нарушением иммунной системы и биохимических процессов, проявлением канцерогенного, мутагенного и тератогенного эффектов [1–5, 7, 11, 13–15]. Тем не менее, до настоящего времени условия труда работников, испытывающих воздействие ВХ [6, 9, 10], недостаточно изучены.

В Восточной Сибири производства ВХ и ПВХ, функционирующие на ОАО «Саянскхимпласт» Иркутской области, являются лидерами химической промышленности России.

**Цель исследований** — ретроспективная оценка условий труда в производствах ВХ и ПВХ в Восточной Сибири.

**Материалы и методы.** Измерение и оценка параметров химических и физических факторов производственной среды проводились в соответствии с действующими нормативно-методическими документами. Ретроспективное изучение состояния воздушной среды в пуско-наладочный период данного производства (1988–1995 гг.) и за последние 18 лет (1996–2015 гг.) проводилось на основе исследований. Всего было отобрано и проанализировано свыше 600 проб воздуха на содержание ВХ и 1,2-дихлорэтана (1,2-ДХЭ). Отбор и анализ проб воздуха проводили по утвержденным методикам и действующим нормативным документам [8, 12] с использованием отечественных приборов — фотоэлектроколориметра КФК–2МП и газового хроматографа «Кристалл–2000» с пламенно-ионизационным детектором и программным обеспечением Net. Chrom V 2.0 (НПФ Мета-Хром, 2006 г.).

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы Excel, определялись средняя арифметическая величина и ошибка средней ( $M \pm m$ ), оценка значимости различий определялась по t-критерию Стьюдента, различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Технологические процессы современных производств ВХ и ПВХ в основном являются непрерывными, осуществляются в замкнутой системе производственного оборудования,

смонтированного на разных уровнях (отметках) рабочих помещений по вертикальной и горизонтальной схемам. Характерной особенностью указанных производств является отсутствие постоянных рабочих мест; аппаратчики в течение смены периодически обходят основные стадии технологического процесса, контролируя по приборам работу оборудования.

На изучаемых производствах получение ВХ осуществляется методом температурного пиролиза 1,2-ДХЭ и включает следующие стадии: окислительное и прямое хлорирование этилена, получение 1,2-ДХЭ, его обезвреживание, ректификация с отделением ВХ. Стабилизированный жидкий ВХ поступает в производство ПВХ или на базисный склад. Технологический процесс получения ПВХ включает: водную фазу (приготовление растворов эмульгаторов и инициаторов), полимеризацию ВХ, дегазацию суспензии ПВХ, регенерацию ВХ, двухступенчатую сушку, фасовку и упаковку готового продукта. Дозировка водных компонентов и обессоленной воды контролируется с помощью компьютера. Выделение ПВХ из суспензии осуществляется в осадительных центрифугах периодического действия.

Среди комплекса химических соединений, загрязняющих воздух рабочей зоны в указанных производствах, ведущим является ВХ — вещество 1 класса опасности. В процессе производства ВХ воздух рабочей зоны дополнительно загрязняется 1,2-ДХЭ (2 класс опасности).

Анализ воздуха рабочей зоны в пуско-наладочный период работы производств (1988–1995 гг.) показал (табл. 1.), что в производстве ВХ средние максимально-разовые концентрации ВХ регистрировались в разные годы в пределах 11–85 ПДК, а максимальные — от 28 до 439 ПДК. Процент проб с превышением гигиенического норматива составлял в разные годы от 9,0 до 80%. Средние максимально-разовые концентрации 1,2-ДХЭ в производстве ВХ в этот период регистрировались на уровне 36–78 ПДК, а максимальные достигали 75–156 ПДК. Процент проб с превышением гигиенического норматива колебался в разные годы от 23 до 74%.

Несколько меньшие уровни загрязнения воздуха ВХ в пуско-наладочный период наблюдались в процессе производства ПВХ, когда средние максимально-разовые концентрации его в разные годы регистрировались в пределах 3–43 ПДК, а максимальные достигали 13–169 ПДК; процент проб с превышением гигиенического норматива колебался в разные годы от 14 до 95%.

В пуско-наладочный период работы производства наблюдалось значительное загрязнение воздуха ра-

бочей зоны ВХ, концентрации которого достигали 500–900 мг/м<sup>3</sup>.

Технологический процесс сушки ПВХ также сопровождался загрязнением воздуха рабочей зоны ВХ, поскольку в суспензии ПВХ, поступающей на сушку после дегазации, еще содержится непрореагировавший ВХ. Так, в пуско-наладочный период концентрации ВХ в воздухе рабочей зоны сушильного отделения превышали гигиенический норматив, наибольшие средние уровни его регистрировались на рабочем месте аппаратчика центрифугирования ( $103,9 \pm 28,9$  мг/м<sup>3</sup>), аппаратчика сушки ( $50,4 \pm 10,4$  мг/м<sup>3</sup>), аппаратчика приема суспензии ( $39,1 \pm 8,5$  мг/м<sup>3</sup>). Кроме того, в отделении сушки готового продукта имело место выделение в воздушную среду пыли поливинилхлоридной смолы, концентрации которой в пуско-наладочный период на рабочем месте аппаратчика сушки достигали 20–35 мг/м<sup>3</sup> (ПДК — 6 мг/м<sup>3</sup>).

Основными причинами значительного загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами в пуско-наладочный период являлись: утечка вредностей через фланцевые соединения и торцевые уплотнения насосов; ручная загрузка инициаторов в реакторы в связи с отсутствием дозаторов, открытая транспортировка эмульгаторов и стабилизаторов, отсутствие местных аспирационных устройств на ряде рабочих мест.

В пуско-наладочный период работы производства отмечались и неблагоприятные микроклиматические условия: в холодный период года в 87% случаев регистрировались низкие температуры воздуха, обусловленные отсутствием отопительной системы. Наиболее низкая температура воздуха регистрировалась на нижних отметках производства. Отмечалась прямая зависимость между температурой воздуха и высотой расположения рабочих мест, в результате чего аппаратчики, обслуживающие все отметки в течение рабочей смены, подвергались воздействию температурных перепадов в пределах от 7,2 до 17,3 °C.

Пуско-наладочный период характеризовался влиянием на работающих производственного шума, генерируемого работой основного оборудования. Наиболее интенсивные уровни звукового давления регистрировались в производстве ВХ и цехе полимеризации, где эквивалентные уровни звука достигали 90–100 дБА, превышая допустимые уровни на 10–20 дБ. Неблагоприятные условия труда усугублялись и низкими уровнями искусственной освещенности (от 10 до 115 лк при нормируемой 150 лк).

Последующий с 1996 г. ретроспективный анализ загрязнения воздуха рабочей зоны химическими веществами в указанных производствах в динамике за 18 лет показал, что в цехе производства ВХ после завершения пуско-наладочных работ наблюдалось значительное снижение концентраций ВХ в воздухе рабочей зоны. Так, уже в 1996–1998 гг. среднегодовые максимально-разовые концентрации ВХ превышали гигиенический норматив в 2–3 раза; в последующие годы наблюдалось дальнейшее постепенное снижение

их уровней, тем не менее, до 2000 г. концентрации ВХ превышали гигиенический норматив. С 2001 г. ВХ регистрировался на уровне гигиенического норматива и ниже, а с 2008 по 2015 гг. его среднегодовые концентрации не превышали 0,2–0,5 ПДК. В производстве ПВХ за указанный период наблюдения незначительное превышение гигиенического норматива максимально-разовых концентраций ВХ отмечалось лишь в 1998 г. (в среднем до 1,5 ПДК). В последующие периоды наблюдения содержание его в воздухе рабочей зоны не превышало ПДК, средние уровни колебались в пределах от 2,0 до 4,8 мг/м<sup>3</sup>. Лишь с 2008 по 2010 гг. наблюдалось некоторое превышение концентраций токсиканта по отношению к гигиеническому нормативу (до 1,2–1,6 ПДК), что, вероятно, связано с ремонтными работами в этот период.

Проведенные в последние годы гигиенические исследования показали (табл. 2), что в производстве ВХ загрязнение воздуха рабочей зоны винилхлоридом, в основном, наблюдалось на стадиях ректификации и пиролиза 1,2-ДХЭ, при этом, средние максимально-разовые концентрации токсиканта составляли не более 1,9 мг/м<sup>3</sup>, а максимальные — до 2,9 мг/м<sup>3</sup>. Загрязнение воздушной среды 1,2-ДХЭ, хотя и наблюдалось практически по всей рабочей зоне, концентрации его не превышали предельно допустимую (30 мг/м<sup>3</sup>), в среднем составляя от 2,0 до 20,7 мг/м<sup>3</sup>.

Однако в производстве ПВХ средние максимально-разовые концентрации ВХ колебались в пределах от 5,5 до 7,6 мг/м<sup>3</sup>, а максимальные уровни достигали 9,7–14,6 мг/м<sup>3</sup>, превышая ПДК в 1,9–2,9 раза. Концентрации пыли поливинилхлоридной смолы в отделении сушки ПВХ колебались в пределах 1,5–4,8 мг/м<sup>3</sup>, не превышая гигиенический норматив (6 мг/м<sup>3</sup>).

Показатели микроклимата (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха) в производстве ВХ соответствовали допустимым гигиеническим нормативам. Однако в рабочих помещениях производства ПВХ почти на всех стадиях технологического процесса наблюдалось превышение допустимых норм температуры воздуха как в теплый, так и в холодный периоды года (на 3–4 °C для работ категории IIa).

Общие эквивалентные уровни звука на разных стадиях производств составляли от 64,4 до 93,6 дБА, в спектре шума преобладали высокочастотные составляющие (1000–4000 Гц). Превышение нормируемого значения (70 дБА), принятого с учетом тяжести и напряженности труда работников указанных производств, отмечалось почти на всех стадиях производства в пределах от 5,0 до 23,3 дБ. Наибольшие эквивалентные уровни звука регистрировались на стадии газоразделения, пиролиза и ректификации ВХ, полимеризации ВХ, сушки ПВХ, в насосных и компрессорных помещениях.

Показатели световой среды в обоих производствах соответствовали допустимым гигиеническим нормативам.

Таблица 1

**Содержание винилхлорида в воздухе рабочей зоны производств ВХ и ПВХ в пуско-наладочный период (1988–1995 гг.)**

| Производство | Показатель                                   | Годы |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------|----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|              |                                              | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 |
| ВХ           | всего анализов                               | 810  | 836  | 784  | 849  | 219  | 570  | 489  | 495  |
|              | % проб с превышением ПДК <sub>м.р.</sub>     | 19,7 | 9,4  | 17,5 | 79,9 | 76,2 | 55,9 | 59,7 | 48,5 |
|              | максимальная концентрация, мг/м <sup>3</sup> | 2197 | 410  | 600  | 524  | 537  | 274  | 153  | 142  |
|              | средняя концентрация, мг/м <sup>3</sup>      | 428  | 172  | 167  | 115  | 311  | 125  | 68   | 56   |
| ПВХ          | всего анализов                               | 1018 | 547  | 763  | 766  | 366  | 1134 | 891  | 880  |
|              | % проб с превышением ПДК <sub>м.р.</sub>     | 24,5 | 14,4 | 34,7 | 88,6 | 95,0 | 72,8 | 45,2 | 53,2 |
|              | максимальная концентрация, мг/м <sup>3</sup> | 846  | 246  | 510  | 194  | 598  | 263  | 80   | 63   |
|              | средняя концентрация, мг/м <sup>3</sup>      | 174  | 76   | 118  | 88   | 217  | 181  | 21   | 15   |

Примечание. ПДК<sub>м.р.</sub> винилхлорида — 5 мг/м<sup>3</sup>

Таблица 2

**Содержание химических веществ в воздухе рабочей зоны в производствах ВХ и ПВХ, мг/м<sup>3</sup>**

| Место отбора проб, стадии производства     | Химическое вещество | Концентрация м.р., $\frac{\text{мин.}-\text{макс.}}{M \pm m}$ | % проб с превышением ПДК |
|--------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------|
| <b>Производство винилхлорида</b>           |                     |                                                               |                          |
| Отм. 0.0<br>Хлорирование этилена           | 1,2-ДХЭ             | $\frac{14,8-25,1}{20,7 \pm 0,4}$                              | —                        |
| Отм. 7.2<br>Хлорирование этилена           | 1,2-ДХЭ             | $\frac{10,7-18,6}{15,4 \pm 0,3}$                              | —                        |
| Отм. 7.2<br>Обезвоживание 1,2-дихлорэтана  | 1,2-ДХЭ             | $\frac{10,7-20,5}{14,0 \pm 0,4}$                              | —                        |
| Отм. 0.0<br>Ректификация 1,2-дихлорэтана   | 1,2-ДХЭ             | $\frac{16,4-20,3}{19,5 \pm 0,1}$                              | —                        |
|                                            | ВХ                  | $\frac{1,0-2,7}{1,8 \pm 0,8}$                                 | —                        |
| Отм. 0.0<br>Пиролиз 1,2-дихлорэтана        | 1,2-ДХЭ             | $\frac{9,5-12,1}{10,7 \pm 0,1}$                               | —                        |
|                                            | ВХ                  | $\frac{1,1-2,9}{1,9 \pm 0,8}$                                 | —                        |
| Отм. 7.2<br>Пиролиз 1,2-дихлорэтана        | 1,2-ДХЭ             | $\frac{7,3-10,5}{9,0 \pm 0,1}$                                | —                        |
|                                            | ВХ                  | $\frac{1,1-2,9}{1,8 \pm 0,8}$                                 | —                        |
| Насосные                                   | ВХ                  | $\frac{2,4-12,0}{7,75 \pm 0,4}$                               | 16,2                     |
| Щитовая                                    | 1,2-ДХЭ             | $\frac{1,7-2,2}{2,0 \pm 0,2}$                                 | —                        |
| <b>Производство поливинилхлорида</b>       |                     |                                                               |                          |
| Отм. 0.0<br>У реактора полимеризации       | ВХ                  | $\frac{2,3-9,7}{5,5 \pm 0,3}$                                 | 35,1                     |
| Отм. 7.2<br>У теплообменника               | ВХ                  | $\frac{2,8-11,2}{6,37 \pm 0,3}$                               | 37,3                     |
| Отм. 13.0<br>У колонки дегазации           | ВХ                  | $\frac{3,91-10,7}{6,92 \pm 0,2}$                              | 31,4                     |
| Отм. 13.0<br>У аппарата обессоливания воды | ВХ                  | $\frac{3,43-14,6}{7,61 \pm 0,4}$                              | 38,7                     |

Примечание. ПДК<sub>м.р.</sub>: ВХ — 5 мг/м<sup>3</sup>, 1,2-ДХЭ — 30 мг/м<sup>3</sup>**Выводы:**

1. В производствах ВХ и ПВХ, где ведущим неблагоприятным фактором является загрязнение воздуха

рабочей зоны ВХ, к настоящему времени показано значительное улучшение гигиенической обстановки в результате оптимизации условий труда, модернизации

оборудования и совершенствования технологического процесса.

2. Средние концентрации ВХ в процессе его производства, как правило, не превышают гигиенического норматива, а в производстве ПВХ регистрируются на его уровне или с незначительным его превышением.

3. Общая категория профессионального риска по химическому фактору, как наиболее значимому в данных производствах, оценивается как «малый риск» — в производстве ВХ, и как «средний риск» — в производстве ПВХ.

4. Условия труда работников данных производств относятся к категории вредных, чему способствуют, помимо химического фактора, неблагоприятные микроклиматические условия и производственный шум, что свидетельствует о необходимости дальнейшего совершенствования современных производств ВХ и ПВХ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 13–15)

1. Антонюженко В.А. Винилхлоридная болезнь — углеводородный нейротоксикоз. — Горький: Волго-Вятское книжное изд-во, 1980. — 183 с.

2. Бодиенкова Г.М. Особенности иммунологической реактивности работающих в условиях воздействия различных нейротоксикантов // Мед. труда и пром. экология. — 2008. — №8. — С. 3–6.

3. Вредные химические вещества. Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов / Под общ. ред. В.А. Филовой. — М., 1990. — 732 с.

4. Катаманова Е.В., Дьякович М.П., Кудяева И.В. и др. Клинические и нейрофизиологические особенности нарушений здоровья работников в зависимости от экспозиционной нагрузки винилхлоридом // Гиг. и санит. — 2016. — №12. — С. 1167–1171.

5. Кудяева И.В., Бударина Л.А., Маснавиева Л.Б. Закономерности нарушений биохимических процессов при воздействии нейротоксических веществ различной природы // Мед. труда и пром. экология. — 2008. — №8. — С. 7–12.

6. Лемешевская Е.П., Жукова Е.В. Вопросы гигиены труда в крупнотоннажном производстве поливинилхлорида // Мед. труда и пром. экология. — 1995. — №6. — С. 17–7.

7. Макаров И.А., Федотова И.В. К вопросу механизма канцерогенного действия винилхлорида // Гиг. труда и проф. заболевания. — 1983. — №6. — С. 42–45.

8. Методические указания по определению вредных веществ в воздухе. — М., МЗ СССР, 1981. — №1–5. — С. 83–84; 1983. — №18. — С. 30–36; 1991. — №12. — С. 5

9. Мецакова Н.М., Шаяхметов С.Ф., Кожевников В.В. Гигиеническая оценка шумового фактора в современных крупнотоннажных производствах винилхлорида и поливинилхлорида // Сиб. мед. ж-л. — 2012. — №2. — С. 84–86.

10. Мецакова Н.М., Шаяхметов С.Ф., Тараненко Н.А., Есина В.К. Гигиенические аспекты условий труда в современном производстве винилхлорида и поливинилхлорида // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. — 2008. — №5. — С. 58–61.

11. Могилenkova Л.А., Киселев Д.Б., Криницын Н.В., Филиппов В.А. Влияние винилхлорида на состояние здоровья рабо-

тающих // Химическая безопасность Российской Федерации в современных условиях: Сб. трудов Всерос. научно-практич. конф. / под общ. ред. В.Р. Рембовского и А.С. Радилова. — СПб: Фолиант, 2010. — С. 285–288.

12. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. ГН 2.2.5–1313–03. — М., 2003. — 268 с.

#### REFERENCES

1. Antonyuzhenko V.A. Vinyl chloride disease — hydrocarbon neurotoxicity. — Gor'kiy: Volgo-Vyatskoe knizhnoe izd-vo, 1980. — 183 p. (in Russian).

2. Bodiennikova G.M. Features of immune reactivity of workers under exposure to various neurotoxicants // Industr. med. — 2008. — 8. — P. 3–6 (in Russian).

3. Filov V.A., ed. Chemical hazards. Hydrocarbons. Halogen derivatives of hydrocarbons. — Moscow, 1990. — 732 p. (in Russian).

4. Katamanova E.V., D'yakovich M.P., Kudaeva I.V., et al. Clinical and neurophysiologic features of health disorders in workers, in dependence on exposure to vinyl chloride // Gig. i sanit. — 2016. — 12. — P. 1167–1171 (in Russian).

5. Kudaeva I.V., Budarina L.A., Masnavieva L.B. Principles of biochemical disorders under exposure to neurotoxic chemicals of various origins // Industr. med. — 2008. — 8. — P. 7–12 (in Russian).

6. Lemeshevskaya E.P., Zhukova E.V. Occupational hygiene topics in large-tonnage production of polyvinyl chloride // Industr. med. — 1995. — 6. — P. 17–7 (in Russian).

7. Makarov I.A., Fedotova I.V. On mechanism of carcinogenic action of vinyl chloride // Gig. truda i prof. zabol. — 1983. — 6. — P. 42–45 (in Russian).

8. Methodic recommendations on chemical hazards detection in air. — Moscow, MZ SSSR, 1981. — 1–5. — P. 83–84; 1983. — 18. — P. 30–36; 1991. — 12. — P. 5 (in Russian).

9. Meshchakova N.M., Shayakhmetov S.F., Kozhevnikov V.V. Hygienic evaluation of noise factor in contemporary large-tonnage vinyl chloride and polyvinyl chloride production // Sib. med. J., 2012; 2: 84–86 (in Russian)

10. Meshchakova N.M., Shayakhmetov S.F., Taranenko N.A., Esina V.K. Hygienic aspects of work conditions in contemporary production of vinyl chloride and polyvinyl chloride // Byull. VSN Ts SO RAMN. — 2008. — 5. — P. 58–61 (in Russian).

11. Mogilenkova L.A., Kiselev D.B., Krinitsyn N.V., Filippov V.L. Influence of vinyl chloride on workers' health state. In: V.R. Rembovskiy, A.S. Radilov, eds. Chemical safety of Russian Federation in modern conditions. Proc of All-Russia scientific and practical conference. — St-Petersburg: Foliant, 2010. — P. 285–288 (in Russian).

12. Maximally allowable concentrations (MAC) of chemical hazards in workplace air. GN 2.2.5–1313–03. — Moscow, 2003. — 268 p. (in Russian).

13. Brandt-Rauf P.W., Li Y., Long C., Monako R. et al. Plastis and carcinogenesis: The example of vinyl chloride // J. of Carcinogenesis. — 2012. — №11. — P. 5–8.

14. Myers R.L. The 100 most important chemical compounds: a reference guide // Westport, Conn: Greenwood Press, 2007.

15. Toxicological profile for vinyl chloride. — Agency for Toxic Substances and Disease Registry U.S. Public Health Service, 2006. — 328 p.

Поступила 09.08.2017

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Мещаклова Нина Михайловна (Meshchakova N.M.),  
ст. науч. сотр. лаб. эколого-гигиенич. иссл. ФГБНУ ВСИ-  
МЭИ, д-р мед. наук, доц. E-mail: imt@irmail.ru.  
Лемешевская Елизавета Петровна (Lemeshevskaya E.P.),

зав. каф. гиг. труда и питания ГБОУ ВО ИГМУ, д-р мед. на-  
ук, проф. E-mail: gigtrud@rambler.ru.

Шаяхметов Салим Файзыевич (Shayakhmetov S.F.),  
вед. науч. сотр. лаб. аналитич. экотоксикол. и биомонито-  
ринга ФГБНУ ВСИМЭИ, проф. каф. гиг. и профпатологии  
ИГМАПО — филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава  
РФ, д-р мед. наук, проф. E-mail: imt@irmail.ru.

Журба Ольга Михайловна (Zhurba O.M.),  
зав. лаб. аналитич. экотоксикол. и биомониторинга ФГБНУ  
ВСИМЭИ, канд. биол. наук. E-mail: labchem99@gmail.  
com.

УДК 616.45:613.644

Бодиенкова Г.М.<sup>1,2</sup>, Курчевенко С.И.<sup>1</sup>

### ОЦЕНКА ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ЛИЦ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЛОКАЛЬНОЙ ВИБРАЦИИ

<sup>1</sup>ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 12а м/р, 3, г. Ангарск, РФ, 665827;

<sup>2</sup>ФГБУ ВО «Национальный исследовательский иркутский государственный технический университет», ул. Лермонтова, 83,  
г. Иркутск, РФ, 664074

Обследованы работающие в контакте с локальной вибрацией (стажированные рабочие без признаков наруше-  
ния здоровья и пациенты с вибрационной болезнью. Показано, что продолжительное воздействие вибрации приво-  
дит к компенсаторному увеличению уровней IL-1β и белка S-100β и снижению содержания IgA, IgM, IL-4, TNFα.  
Развитие вибрационной болезни (ВБ) сопровождалось снижением IL-1β, IgG, белка S-100β и повышением уровня  
TNFα. В результате дискриминантного анализа обоснованы наиболее информативные лабораторные биомаркеры в  
диагностике ВБ — белок S-100β и TNFα.

**Ключевые слова:** рабочие локальная вибрация вибрационная болезнь иммунитет лабораторные биомаркеры

Bodienkova G.M.<sup>1,2</sup>, Kurchevenco S.I.<sup>1</sup> **Evaluation of immunologic parameters in individuals exposed to local  
vibration.** <sup>1</sup>East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3, 12a m/r, Angarsk, Russian Federation, 665827;  
<sup>2</sup>Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontova str., Irkutsk, Russian Federation, 664074

The examination covered workers exposed to local vibration (long length service workers without health disorder signs  
and patients with vibration disease). Findings are that long exposure to vibration causes compensatory increase in levels  
of IL-1b and protein S-100b, lower levels of IgA, IgM, IL-4, TNFα. Vibration disease development was associated with  
decrease of IL-1b, IgG, protein S-100b and increase of TNFα. Discriminant analysis helped to justify the most informative  
laboratory biomarkers in vibration disease diagnosis — protein S-100b and TNFα.

**Key words:** workers; local vibration; vibraion disease; immunity; laboratory biomarkers

Уровень профессиональной заболеваемости (ПЗ) является одним из критериев социального благополу-  
чия и защищенности трудящихся от вредных факторов  
окружающей и производственной среды [6]. В струк-  
туре ПЗ рабочих ВБ занимает одно из ведущих мест  
[5], причем выраженные ее стадии нередко приводят  
к ранней инвалидизации рабочих [4]. Одним из ре-  
альных путей снижения заболеваемости ВБ является  
раннее выявление рабочих с признаками негативно-  
го воздействия вибрации на организм и проведение  
целенаправленных профилактических мероприятий

[1]. Для раннего или доклинического выявления не-  
гативного влияния производственных вредностей ши-  
роко применяют лабораторные методы исследования,  
диагностическое значение которых различно [1,2,5].  
В связи с чем все чаще возникает вопрос о выборе  
наиболее оптимальных информативных показателей,  
которые могут быть использованы в качестве биомар-  
керов формирования и развития патологии [3]. Пер-  
спективными в этом плане являются показатели, харак-  
теризующие состояние иммунной системы, поскольку  
воспаление — это реакция организма на повреждение

различной природы. Большинство заболеваний человека, так или иначе, связано с развитием воспаления. Вовлечение в этот процесс многих типов клеток, субклеточных элементов и органных систем предопределяет формирование сложных механизмов регуляции воспалительной и иммунной реактивности [7]. Многочисленными исследованиями отечественных и зарубежных авторов показана стадийность изменения функциональных показателей иммунной регуляции при продолжительном воздействии вибрации [1–3, 12].

В связи с вышеизложенным представляется актуальным расширение арсенала современных информативных способов диагностики при воздействии физических факторов.

**Цель исследования** — оценка изменений отдельных цитокинов, сывороточных концентраций иммуноглобулинов и белка S-100 $\beta$  для обоснования наиболее информативных биомаркеров диагностики ВБ.

**Материал и методики.** Обследовано 58 мужчин, контактирующих с локальной вибрацией на авиастроительном предприятии. Из них 39 стажированных рабочих без признаков нарушения здоровья от воздействия локальной вибрации (средний возраст — 35,8 $\pm$ 1,2 года, стаж работы в контакте с локальной вибрацией — 9,9 $\pm$ 0,6 года) и 19 пациентов с ВБ (средний возраст — 48,9 $\pm$ 1,77 года, стаж — 24,2 $\pm$ 1,92 года). В качестве контрольных значений использовались показатели 47 практически здоровых мужчин, не контактирующих в процессе производственной деятельности с профессиональной вредностью. Иммунологическое обследование включало определение иммуноглобулинов (IgA, IgM, IgG) и цитокинов (интерлейкина — 1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ), интерлейкина-4 (IL-4), фактора некроза опухоли- $\alpha$  (TNF $\alpha$ )) с использованием тест-систем производства Вектор Бест (г. Новосибирск). Содержание эндогенного белка S-100 $\beta$  в сыворотке крови определялось с помощью тест-систем фирмы CanAg (Швеция). Статистическая обработка результатов проводилась с помощью пакета прикладных программ STATISTICA 6.0. Результаты исследований представлены в виде значения медианы (Me), верхнего и нижнего квартилей (Q<sub>25</sub>–Q<sub>75</sub>). Для всех имеющихся выборок проверялась гипотеза нормальности

распределения по критерию Шапиро-Уилкса. В отсутствие правильного распределения использовались непараметрические методы с использованием критерия Уилкоксона-Манна-Уитни. Для дискриминантного анализа использовался модуль «Discriminant analysis». Информативность анализируемых показателей оценивалась шаговыми процедурами, граничным значением F включения выбрана величина F=4,0; критерием классификации служила мера D<sup>2</sup> Махаланобиса.

**Результаты и их обсуждение.** Полученные данные, характеризующие изменения в иммунной системе рабочих при хроническом воздействии вибрации, представлены в таблице.

Учитывая, что цитокиновая сеть обеспечивает всеобщую взаимосвязь систем организма посредством своих рецепторов, определенный интерес представляло выявить изменения в их содержании у стажированных рабочих и пациентов с ВБ. У стажированных рабочих установлено превышение концентрации IL-1 $\beta$  по сравнению с группой контроля (p=0,001) и пациентами с ВБ (p=0,000), который выполняет важную роль в развитии и регуляции неспецифической защиты и специфического иммунитета. В данном случае увеличение сывороточной концентрации IL-1 $\beta$  первоначально является компонентом компенсаторного ответа на воздействие производственной вибрации. Указанный цитокин стимулирует и регулирует воспалительные и иммунные процессы, активирует нейтрофилы, Т- и В-лимфоциты, стимулирует синтез белков острой фазы, повышает фагоцитоз, гемопоэз, проницаемость сосудистой стенки, цитотоксическую и бактерицидную активность, стимулирует продукцию АКТИН [2].

Уровень другого провоспалительного цитокина — TNF $\alpha$  в сыворотке крови стажированных рабочих, напротив, более достоверно ниже относительно группы контроля (p=0,000) и пациентов с ВБ (p=0,000). Заслуживает внимания тот факт, что у пациентов с ВБ уровень TNF $\alpha$  значительно выше, чем в группе контроля (p=0,000). Низкие концентрации этого цитокина регулируют развитие местной воспалительной реакции, в то время как гиперпродукция его способствует развитию системной воспалительной реакции,

Таблица

**Изменения уровней иммунологических показателей при воздействии вибрации на рабочих, Me (Q<sub>25</sub>–Q<sub>75</sub>)**

| Показатель            | Контроль (n=47)     | Стажированные рабочие, контактирующие с локальной вибрацией (n=39) | Пациенты с ВБ (n=19) |
|-----------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------|
| IgA, мг/мл            | 1,9 (1,37–4,2)      | 1,70 (1,45–1,86)*                                                  | 1,655 (1,44–1,86)    |
| IgM, мг/мл            | 1,4 (1,02–3,2)      | 1,10 (0,82–1,37)*                                                  | 1,14 (0,91–1,5)      |
| IgG, мг/мл            | 12,97 (9,6–21,22)   | 11,17 (7,00–17,59)                                                 | 8,04 (4,72–12,15)*   |
| S-100 $\beta$ , нг/мл | 65,66 (58,19–68,65) | 88,1 (77,15–102,5)*                                                | 0,1 (0,1–0,1)**      |
| IL-1 $\beta$ , пг/мл  | 0,01 (0,01–1,17)    | 0,1 (0,1–1,15)*                                                    | 0,01 (0,01–0,01)*    |
| IL-4, пг/мл           | 0,1 (0,1–8,8)       | 0,01 (0,01–0,01)*                                                  | 0,01 (0,01–0,07)*    |
| TNF $\alpha$ , пг/мл  | 0,89 (0,12–2,42)    | 0,01 (0,01–0,23)*                                                  | 87,35 (67,1–99,5)**  |

Примечания: \* — различия по сравнению с контролем; \* — различия между группами стажированных рабочих и пациентов с ВБ, статистически значимы при p<0,005.

повышению уровня белков острой фазы [2]. Кроме того, показано, что TNF $\alpha$  стимулирует высвобождение матриксных металлопротеиназ, которые разрушают соединительную ткань и вызывают повреждение суставов при заболеваниях другой этиологии [10].

В тоже время, уровень противовоспалительного IL-4, который контролирует пролиферацию, дифференцировку и функцию В-лимфоцитов, был ниже, чем у лиц контрольной группы как у стажированных рабочих ( $p=0,000$ ), так и у пациентов с ВБ ( $p=0,000$ ). Почти все биологические эффекты IL-4 так или иначе связаны с его основной функцией — направлять развитие иммунного ответа по Th2 пути. Так же IL-4 обладает местной противоопухолевой активностью, стимулируя популяцию цитотоксических Т-лимфоцитов и инфильтрацию опухоли эозинофилами, подавляет продукцию цитокинов воспаления (TNF $\alpha$ , IL-1, IL-8) и простагландинов из активированных моноцитов, продукцию цитокинов Th-1 лимфоцитами (IL-2, INF- $\gamma$  и др.) [8].

Анализ содержания иммуноглобулинов показал статистически значимое снижение концентрации IgG у пациентов с ВБ ( $p=0,001$ ), ответственного за вторичный иммунный ответ при продолжающемся воздействии неблагоприятных факторов внешней и внутренней среды. У стажированных работников установлено статистически значимое снижение концентрации IgA ( $p=0,039$ ) и уровня IgM ( $p=0,004$ ), синтезирующегося на ранних стадиях иммунного ответа.

Исследование высокочувствительного маркера повреждения нервной ткани — белка S-100 $\beta$  у стажированных рабочих позволило выявить более высокие его концентрации, чем у лиц контрольной группы ( $p=0,001$ ). У пациентов с ВБ наблюдаются значительно низкие концентрации белка S-100 $\beta$  относительно контроля ( $p=0,000$ ). Известно, что белок S100 $\beta$  стимулирует рост аксонов и нейропротекцию [11]. Увеличение его сывороточной концентрации у стажированных рабочих может быть одним из саногенетических механизмов, направленных на восстановление нервной ткани. Однако гиперэкспрессия этого белка может иметь и неблагоприятные последствия [9]. Наблюдаемое снижение сывороточной концентрации белка S-100 $\beta$  с нарастанием тяжести патологического процесса может свидетельствовать о нарушении процессов иммунорегуляции.

Таким образом, выявленные изменения функциональных показателей иммунной регуляции у стажированных работников отражают компенсаторные механизмы и при определенных условиях могут иметь обратимый характер.

Для обоснования информативных биомаркеров в диагностике ВБ был проведен дискриминантный анализ. Анализ проводился в группе стажированных рабочих и в группе пациентов с ВБ. Дискриминантному анализу был подвергнут массив из 7 показателей (IgA, IgM, IgG, IL-1 $\beta$ , IL-2, IL-4, IL-6, IL-10, INF- $\gamma$ , TNF- $\alpha$ , белок S-100 $\beta$ , CNTF). В результате анализа

были выявлены информативные показатели — белок S-100 $\beta$  ( $F=26,39$ ;  $p=0,000008$ ) и TNF $\alpha$  ( $F=39,63$ ;  $p=0,00000001$ ).

#### Выводы:

1. Установлено, что продолжительное воздействие вибрации приводит к компенсаторному увеличению уровней IL-1 $\beta$ , белка S-100 $\beta$  и снижению содержания IgA, IgM, IL-4, TNF $\alpha$ .

2. Развитие ВБ сопровождается снижением уровня IL-1 $\beta$ , IgG и белка S-100 $\beta$  и повышением уровня TNF $\alpha$ .

3. Обоснованы наиболее информативные лабораторные показатели — белок S100 $\beta$  и TNF $\alpha$ , которые могут повысить точность диагностики при постановке диагноза ВБ и могут быть использованы при проведении периодических медицинских осмотров.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 9–12)

1. Антошина Л.И., Павловская Н.А., Яцына И.В. Информативные лабораторные биомаркеры для выявления негативного воздействия вибрации на организм рабочих / / Клинич. лаб. диагн. — 2015. — №1. — С. 19–23.
2. Бодиевская Г.М., Курчевенко С.И. Нейроиммунноэндокринные взаимоотношения при воздействии локальной вибрации на рабочих // Мед. труда и пром. экология. — 2015. — №4. — С. 39–42.
3. Кирьяков В.А., Павловская Н.А., Сухова А.В. Критерии выбора информативных лабораторных биомаркеров в медицине труда (аналитический обзор литературы) // Мед. тр. и пром. экология. — 2010. — №12. — С. 22–27.
4. Николенко В.Ю., Ласткова Н.Д. От локальной вибрации до вибрационной болезни // Междунар. неврологич. ж-л. — 2011. — №1 (39). — С. 131–139.
5. Петрова И.А., Гордеев А.С., Федотова И.В. Диагностические критерии вибрационной болезни на основе оценки жирно-кислотного состава сыворотки крови // Совр. технологии в мед. — 2013. — Т. 5, №3. — С. 83–88.
6. Профессиональная патология. Под ред. Н.Ф. Измерова. — М: ГЭОТАР-Медиа, 2011. — 784 с.
7. Смирнова Е.А., Потеряева Е.А., Никифорова Н.Г. Роль клеточных маркеров в формировании особенностей течения вибрационной болезни в постконтактном периоде // Мед. и здравоохр. — 2013. — №6. — С. 58–61.
8. Шарова Н.И., Литвина М.М., Шевелев С.В. и др. Выработка интерферона  $\gamma$  и интерлейкина 4 тимоцитами человека in vitro // Цитокины и воспаление. — 2002. — №1 (4). — С. 12–16.

#### REFERENCES

1. Antoshina L.I., Pavlovskaya N.A., Yatsyna I.V. Informative laboratory biomarkers to reveal negative effects of vibration on workers // Klinicheskaya laboratornaya diagnostika. — 2015. — 1. — P. 19–23 (in Russian).
2. Bodienkova G.M., Kurchevenco S.I. Neuro-immune-endocrine relations in influence of local vibration on workers // Industr. med. — 2015. — 4. — P. 39–42 (in Russian).
3. Kir'yakov V.A., Pavlovskaya N.A., Sukhova A.V. Criteria of selecting informative laboratory biomarkers in occupational

medicine (analytic review of literature) // Industr. med. — 2010. — 12. — P. 22–27 (in Russian).

4. Nikolenko V.Yu., Lastkova N.D. From local vibration to vibration disease // *Mezhdunarodnyy nevrologicheskiy zhurnal*. — 2011. — 1 (39). — P. 131–139 (in Russian).

5. Petrova I.A., Gordetsov A.S., Fedotova I.V. Diagnostic criteria of vibration disease, based on evaluation of serum lipid and acid contents // *Sovremennye tekhnologii v meditsine*. — 2013. — Vol. 5. — 3. — P. 83–88 (in Russian).

6. Izmerov N.F., ed. Occupational diseases. Moscow: GEOTAR-Media, 2011: 784 p. (in Russian).

7. Smirnova E.L., Poteryaeva E.L., Nikiforova N.G. Role of cellular markers in formation of vibration disease course features in post-contact period // *Meditsina i zdravookhranenie*. — 2013. — 6. — P. 58–61 (in Russian).

8. Sharova N.I., Litvina M.M., Shevelev S.V., et al. Interferon  $\gamma$  and interleukin 4 production by human thymocytes in vitro // *Tsitokiny i vospalenie*. — 2002. — 1 (4): 12–16 (in Russian).

9. Elting J.W., De Jager A.E.J., Teelken A.W. et al. Comparison of serum S-100 protein levels following stroke and traumatic brain injury // *J. Neurol. Sci.* — 2000. — V. 181. — P. 104–110.

10. Goldring S.R. Pathogenesis of bone and cartilage destruction in rheumatoid arthritis // *Reumatology*. — 2003. — №42(2). — P. 11–16.

11. Kanner A.A., Marchi N., Fazio V. et al. Serum S100 $\beta$ . A noninvasive marker of blood-brain barrier function and brain lesions // *Cancer*. — 2003. — V. 97. — P. 2806–2813.

12. Yoo C., Lee J.H., Kim Y., Lee H. Occupational hand-arm vibration syndrome in Korea // *Int. Arch. Occup Environ. Health*. — 2005. — Vol. 78, №5. — P. 363–368.

Поступила 09.08.2017

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бодиенкова Галина Михайловна (Bodienkova G.M.),  
зав. лаб. иммуно-биохимич. и молекулярно-генетич. иссл.  
в гигиене ФГБНУ ВСИМЭИ, д-р мед. наук, проф. E-mail:  
immun11@yandex.ru.

Курчевенко Светлана Ивановна (Kurchevenko S.I.),  
науч. сотр. лаб. иммуно-биохимич. и молекулярно-генетич.  
иссл. в гигиене ФГБНУ ВСИМЭИ, канд. мед наук. E-mail:  
immun11@yandex.ru.

УДК 669.71:614.715:539.24

Лисецкая Л.Г.<sup>1</sup>, Шаяхметов С.Ф.<sup>1,2</sup>, Меринов А.В.<sup>1</sup>

### ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ В ВОЗДУХЕ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

<sup>1</sup>ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», м/р 12а, 3, г. Ангарск, РФ, 665827;

<sup>2</sup>Иркутская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава РФ, м/р Юбилейный, 100, г. Иркутск, РФ, 664049

Приведены результаты гранулометрического и морфологического анализа пылевых частиц, витающих в воздухе рабочей зоны при электролитическом производстве алюминия. Размер и морфология 6339 отдельных частиц определялись с помощью сканирующей электронной микроскопии. Показано, что фракции менее 10 мкм составляли до 95% в общей структуре. Наибольшая масса мелкодисперсных фракций наблюдалась в воздухе рабочей зоны на рабочих местах анодчика и крановщика.

**Ключевые слова:** производство алюминия; воздух рабочей зоны; взвешенные частицы; гранулометрический анализ

Lisetskaya L.G.<sup>1</sup>, Shayakhmetov S.F.<sup>1,2</sup>, Merinov A.V.<sup>1</sup> **Granulometric and morphologic analysis of suspended particles in air of aluminium production.** <sup>1</sup>East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3, 12a m/r, Angarsk, Russian Federation, 665827; <sup>2</sup>Irkutsk State Medical Academy — Branch of Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, 100, Yubileiniy m/d, Irkutsk, Russian Federation, 664049

The authors present results of granulometric and morphologic analysis of dust particles in workplace air of electrolytic aluminium production. Dimensions and morphology of 6339 separate particles were assessed by scanning electronic microscopy. Findings are that fractions less than 10 micrometers covered up to 95% of the general structure. Maximal mass of low-dispersed fractions was seen in workplace air of anode operator and crane-operator.

**Key words:** aluminium production; workplace air; suspended particles; granulometric analysis

Многие отрасли промышленности, такие как металлургия, горнодобывающая промышленность, производство строительных материалов и минеральных удобрений, связаны с использованием сыпучих ма-

териалов. В процессе их переработки неизбежно создаются аэродисперсионные системы [3]. Промышленные аэрозоли отличаются от естественных более высокой концентрацией, дисперсионностью, микроструктурой и химическим составом. Это является предпосылкой для более глубокого исследования дисперсного состава такой пыли с последующей организацией контроля ее содержания в воздухе рабочей зоны. Производство алюминия характеризуется высокими концентрациями взвешенных веществ, существенно превышающими ПДК на рабочих местах [2]. Изучение физической и химической характеристики пылевых частиц в воздухе рабочей зоны электролизных цехов при производстве алюминия имеет значение для определения их роли в формировании отрицательных последствий [1].

**Цель работы** — изучение гранулометрических и морфологических характеристик пылевых частиц в воздухе рабочей зоны алюминиевого производства.

**Материалы и методы.** Исследования проводились на одном из алюминиевых заводов Иркутской области, являющимся характерным представителем предприятий алюминиевой промышленности. Пробы воздуха отбирали на фильтры PTFE в воздухе рабочей зоны на рабочих местах в электролизных цехах с технологией самообжигающихся анодов (ТСА) и технологией предварительно обожженных анодов (ТПОА) при выполнении основных технологических операций. Время и условия отбора проб пыли во всех случаях были идентичными. Фильтры приклеивали на двусторонний проводящий углеродный скотч на специальный столик для сканирующей электронной микроскопии. Для отведения статического заряда от поверхности образца во время исследования столик с закрепленным на нем фильтром покрывали золотом в напылительной установке «BALZERS SCD-004». Дальнейшие исследования проводились с помощью электронного микроскопа СЭМ Quanta 200, FEI Compu в Центре коллективного пользования «Электронная микроскопия» Иркутского научного центра СО РАН на базе ФГБУН Лимнологического института. На полученных фотографиях проводились измерение диаметра и подсчет количества пылевых частиц. Всего обработано 14 фильтров, проведена оценка размеров 6339 частиц.

Статистическая обработка результатов осуществлялась с использованием «Statistica 6.1 for Windows». Рассчитан 95%-ный вероятностный интервал для различных размерных фракций пылевых частиц.

**Результаты и обсуждение.** По результатам исследования воздуха рабочей зоны, проведенного непосредственно во время производственного процесса при ТСА, было установлено, что наибольшее пылевыделение происходит в ходе трех технологических операций, которыми являются пробивка корки, обрубка гарнисажей, обдувка технологического оборудования.

Результаты анализа показали, что наиболее опасные для здоровья мелкодисперсные фракции пыли наблю-

дались при загрузке анодной массы (57% — менее 1 мкм и 36% — от 1 до 10 мкм). Преобладание частиц с размером 1–10 мкм отмечено во время проведения обрубки гарнисажей (78,1%), технологических работ на ванне (75,7%), подтягивании осадка (72,2%), обдувки оборудования (65,7%), гартования (58,2%). Преобладание частиц более крупных фракций наблюдалось лишь во время пробивания корки (массовая доля частиц 1–10 мкм и 10–30 мкм составляет 41,8 и 42,8% соответственно).

Сравнительный анализ обобщенных данных исследования дисперсного состава пыли для основных профессиональных групп ТСА показал, что во время выполнения технологических операций на рабочих местах электролизников и анодчиков преобладают частицы размером 1–10 мкм (62,5% и 65,4% соответственно) (табл. 1). При этом размер 95% частиц данной группы укладывается в интервал 3,5–3,7 мкм.

При технологических операциях анодчиков в воздухе наблюдалось большое количество частиц с размером менее 1 мкм, чем у электролизников (16,3% и 8,2% соответственно). Из-за высоких температур, которыми характеризуется процесс восстановления алюминия, ультрамелкие частицы образуются и конденсируются тогда, когда расплавленная масса подвергается воздействию более холодной окружающей среды. Примером такого процесса может быть загрузка анодной массы, чем и можно объяснить высокую удельную массу ультрамелких фракций. После того, как частицы попали в воздух, процесс конденсации ускоряется и размеры витающих пылевых частиц увеличиваются. Это может объяснить разницу в соотношении размерных фракций при различных технологических операциях.

В кабине машиниста штырьового крана свыше 95% частиц имели размер до 10 мкм, из них 52% приходилось на долю фракции до 1 мкм (преобладающий диаметр — 0,6 мкм). Указанный факт наглядно иллюстрируют растровые микрофотографии, полученные из препаратов витающей пыли, отобранной в кабине штырьового крана и на рабочих местах электролизника и анодчика (рис. 1).

При использовании ТПОА в кабине оператора по обслуживанию крана массовая доля частиц менее 10 мкм составляла 91%, из них 71% — менее 1 мкм (преобладающий диаметр 0,5 мкм) (табл. 2). Работы по обслуживанию ванн и перетяжки анодной рамы также характеризуются преобладанием мелкодисперсных фракций. Во время исследованных технологических операций от 14 до 21% частиц имели размер менее 1 мкм, а 62 до 68% частиц — от 1 до 10 мкм.

Согласно данным литературы [4–6] форма частиц определяется условиями и механизмом ее образования. В частности, аэрозоли дезинтеграции являются грубыми, низкодисперсными, полиморфными с множеством заостренных краев. Аэрозоли конденсации характери-

Таблица 1

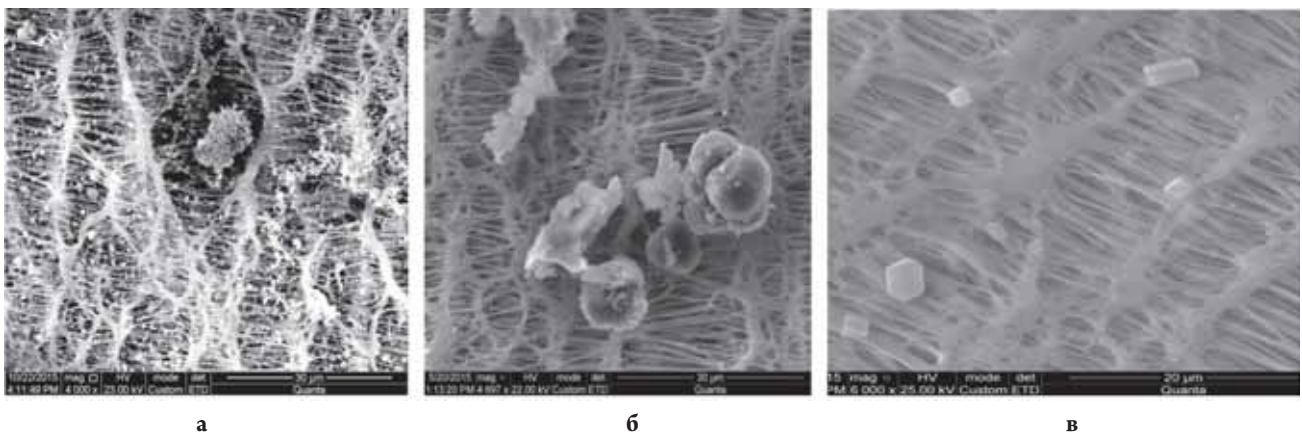
**Относительное содержание различных групп пылевых частиц в воздухе рабочей зоны при ТСА**

| Размерная группа частиц | Показатель                          | Профессия         |                  |                  |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
|                         |                                     | Электролизник     | Анодчик          | Машинист крана   |
| до 1 мкм                | Массовая доля, %                    | 8,2±0,7 (n=186)   | 16,3±1,2 (n=221) | 50,1±1,2 (n=908) |
|                         | 95%-ный доверительный интервал, мкм | 0,76–0,81         | 0,61–0,67        | 0,59–0,61        |
| 1–10 мкм                | Массовая доля, %                    | 62,5±1,0 (n=1409) | 65,4±1,3 (n=885) | 45,6±1,2 (n=826) |
|                         | 95%-ный доверительный интервал, мкм | 3,54–3,79         | 3,48–3,76        | 2,9–3,16         |
| 10–30 мкм               | Массовая доля, %                    | 22,5±0,8 (n=507)  | 13,2±0,8 (n=179) | 2,8±0,4 (n=51)   |
|                         | 95%-ный доверительный интервал, мкм | 17,54–18,56       | 16,23–17,86      | 13,87–16,21      |
| 30–50 мкм               | Массовая доля, %                    | 5,9±0,5 (n=134)   | 3,8±0,5 (n=51)   | 1,1±0,2 (n=19)   |
|                         | 95%-ный доверительный интервал, мкм | 37,37–39–22       | 35,73–39,06      | 35,81–41,17      |
| более 50 мкм            | Массовая доля, %                    | 0,9±0,2 (n=20)    | 1,3±0,3 (n=18)   | 0,5±0,2 (n=9)    |
|                         | 95%-ный доверительный интервал, мкм | 57,46–71,5        | 57,32–75,58      | 59,86–78,37      |

Таблица 2

**Относительное содержание различных групп пылевых частиц в воздухе рабочей зоны при ТПОА**

| Размерная группа частиц | Показатель                          | Профессиональная группа       |                                    |                                |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
|                         |                                     | Оператор по обслуживанию ванн | Оператор по перетяжке анодной рамы | Оператор по обслуживанию крана |
| до 1 мкм                | Массовая доля, %                    | 21,4±1,8 (n=109)              | 14,3±2,2 (n=35)                    | 65,3±1,4 (n=759)               |
|                         | 95%-ный доверительный интервал, мкм | 0,60–0,68                     | 0,55–0,72                          | 0,44–0,47                      |
| 1–10 мкм                | Массовая доля, %                    | 68,2±2,1 (n=347)              | 62,0±3,1 (n=152)                   | 26,1±0,3 (n=303)               |
|                         | 95%-ный доверительный интервал, мкм | 3,39–3,85                     | 3,91–4,63                          | 2,99–3,52                      |
| 10–30 мкм               | Массовая доля, %                    | 9,6±1,3 (n=49)                | 20,4±2,6 (n=50)                    | 5,68±0,7 (n=66)                |
|                         | 95%-ный доверительный интервал, мкм | 14,69–17,65                   | 14,62–17,68                        | 16,11–18,82                    |
| 30–50 мкм               | Массовая доля, %                    | 0,6±0,3 (n=3)                 | 2,0±0,9 (n=5)                      | 2,3±0,4 (n=27)                 |
|                         | 95%-ный доверительный интервал, мкм | 31,69–48,23                   | 30,46–40,01                        | 30,79–48,87                    |
| более 50 мкм            | Массовая доля, %                    | 0,2 (n=1)                     | 1,2±0,7 (n=3)                      | 0,6±0,2 (n=7)                  |
|                         | 95%-ный доверительный интервал, мкм | –                             | 50,65–65,78                        | 52,13–69,69                    |



**Рис. 1. Микрофотографии образцов пыли: а — рабочее место крановщика (ув.×767), б — рабочее место электролизника (ув. ×900), в — рабочее место анодчика (ув. ×1150)**

зуются высокой степенью дисперсности и округлой формой. Результаты исследований морфологии пылинок свидетельствуют, что большая часть пылевых частиц при производстве алюминия является типичным аэрозолем дезинтеграции полиморфной структуры с множеством заостренных краев (рис. 1б, рис. 2а, б). Вместе с тем в составе витающей пыли встречаются и отдельные аэрозольные конденсаты (рис. 2в, г).

**Выводы:**

1. Данные электронной микроскопии пылевых частиц свидетельствуют, что в воздухе рабочей зоны алюминиевого производства как при технологии самообжигающихся анодов, так и с внедренной технологией предварительно обожженных анодов присутствуют мелкие и ультрамелкие частицы, имеющие полиморфную структуру.

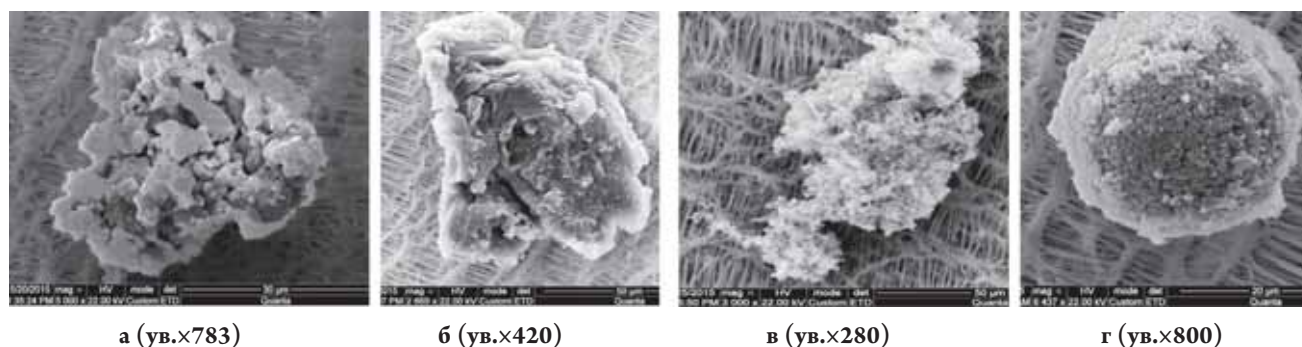


Рис. 2. Микрофотографии образцов аэрозоля дезинтеграции (а, б) и аэрозоля конденсации (в, г)

2. Наибольшая масса мелкодисперсных фракций наблюдалась в воздухе рабочей зоны на рабочих местах крановщика. Ультрамелкие частицы присутствуют в значительном количестве и на других рабочих местах.

3. Результаты выполненных исследований подтверждают актуальность оценки фракционного состава воздуха рабочей зоны и необходимость проведения контроля содержания взвешенных частиц в воздухе рабочей зоны при производстве алюминия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES пп. 4–6)

1. Бейгель Е.А., Катаманова Е.В., Шаяхметов С.Ф. и др. Влияние длительного воздействия промышленных аэрозолей на клинико-функциональные показатели бронхо-легочной системы у работников алюминиевого производства // Гиг. и санит. — 2016. — №12. — С. 1160–1163.

2. Рослый О.Ф., Рослая Н.А., Слышкина Т.В., Федорук А.А. Медицина труда при производстве и обработке сплавов цветных металлов. — Екатеринбург, 2012. — 223 с.

3. Шаяхметов С.Ф., Лисецкая Л.Г., Мещаклова Н.М., Меринов А.В. Гигиеническая оценка токсико-пылевого фактора на алюминиевом предприятии Восточной Сибири // Гиг. и санит. — 2016. — Т. 95. — №12. — С. 1163–1167

#### REFERENCES

1. Beygel' E.A., Katamanova E.V., Shayakhmetov S.F., et al. Influence of long-standing exposure to industrial aerosols on clinical and functional parameters of broncho-pulmonary system in aluminium production workers // Gig. i sanit. — 2016. — 12. — P. 1160–1163 (in Russian).

2. Roslyy O.F., Roslaya N.A., Slyshkina T.V., Fedoruk A.A. Occupational medicine in production and processing of nonferrous alloys. — Ekaterinburg, 2012. — 223 p. (in Russian).

3. Shayakhmetov S.F., Lisetskaya L.G., Meshchakova N.M., Merinov A.V. Hygienic evaluation of toxic dust factor in aluminium enterprise of East Siberia // Gig. i sanit. — 2016. — Vol. 95. — 12. — P. 1163–1167 (in Russian).

4. Amato F., Pandolfi M., Moreno T. et al. Sources and Variability of Inhalable Road Dust Particles in Three European Cities // Atmospheric Environment. — 2011. — Vol. 45. — №37. — P. 6777–6787

5. L'vov B.V., Polzik L.K., Weinbruch S. et al. Theoretical Aspects of Fluoride Air Contaminant Formation in Aluminium Smelter Potrooms. // J. Environ. Monit. — 2005. — Vol. 7, P. 425–430.

6. Thomassen Y., Koch W., Dunkhorst W. et al. Ultrafine Particles at Workplace of a Primary Aluminium Smelter // J. Environ. Monit. 2006. — Vol. 8. — Is. 1. — P. 127–133.

Поступила 09.08.2017

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Лисецкая Людмила Гавриловна (Lisetskaya L.G.), науч. сотр. лаб. аналитич. экотоксикологии и биомониторинга ФГБНУ ВСИМЭИ, канд. биол. наук. E-mail: labchem99@gmail.com.

Шаяхметов Салим Файзыевич (Shayakhmetov S.F.), вед. науч. сотр. лаб. аналитич. экотоксикологии и биомониторинга ФГБНУ ВСИМЭИ, проф. каф. гиг. и профпат. ИГМАПО — филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава РФ, д-р мед. наук, проф. E-mail: imt@irmail.ru.

Меринов Алексей Владимирович (Merinov A.V.), мл. науч. сотр. лаб. аналитич. экотоксикологии и биомониторинга ФГБНУ ВСИМЭИ. E-mail: alek-merinov@mail.ru.

Бухтияров И.В., Денисов Э.И.

**ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА: СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ УСЛОВИЯМИ ТРУДА, ФАКТОРАМИ РИСКА И РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ГИГИЕНЫ**

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова», пр-т Буденного, 31, Москва, РФ, 105275

Рассмотрены правовые вопросы цифровой экономики (ЦЭ) или «Индустрии 4.0» и Национальной технологической инициативы, формирующиеся преимущественно на основе информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Показаны изменения структуры кадров для ЦЭ и рост их численности, включая новые профессии врачей для превентивной медицины. На основе анализа условий труда работников ИТ-сферы в Евросоюзе, а также тенденций и перспектив систематизированы преимущества и недостатки ЦЭ с позиций медицины труда. Отмечена необходимость разработки новых профессиографических показателей и критериев оценки эмоционального напряжения операторского труда, а также методов и критериев в медицинской психологии и профпатологии для оценки пограничных состояний когнитивных функций и психосоматических нарушений на основе оценки аллостатических нагрузок при хроническом стрессе. Поскольку ЦЭ развивается на базе ИКТ, очевидна приоритетность развития информационной гигиены как нового раздела медицины труда.

**Ключевые слова:** цифровая экономика; новые профессии и компетенции; условия труда; риски; медицина труда

Bukhtiyarov I.V., Denisov E.I. **Digital economics: system of automatized management of work conditions, risk factors and development of information hygiene.** Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budennogo Ave., Moscow, Russian federation, 105275

The article covers legal problems of digital economics or "Industry 4.0", and National technologic initiative based mostly on informational communication technologies. The authors demonstrated changes and increases in professional community for digital economics, including new medical occupations for preventive medicine. Based on analysis of work conditions for information technologies workers in EU, and of trends and prospects, the authors sysematized advantages and drawbacks of digital economics from occupational medicine viewpoint. Necessity to specify new occupational descriptive parameters and criteria for evaluating emotional strain of operators, as well as methods and criteria in medical psychology and occupational pathology to evaluate borderline conditions of cognitive functions and psychosomatic disorders, based on allostatic exertion assessment in chronic stress. As digital economics develops on basis of informational communication technologies, informational hygiene as a new sphere of occupational medicine becomes a priority.

**Key words:** digital economics; new occupations and competences; work conditions; risks; occupational medicine

**Введение.** Президент Российской Федерации В.В. Путин в Послании Федеральному собранию 1 декабря 2016 г. (<http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/messages/53379>) заявил, что «смысл всей нашей политики — сбережение людей» и отметил важность внедрения цифровой экономики (ЦЭ): «Предлагаю запустить масштабную системную программу развития экономики нового технологического поколения, так называемой цифровой экономики... Это вопрос национальной безопасности и технологической независимости России, в полном смысле этого слова — нашего будущего». Эти положения закреплены в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [5].

В 2014 г. была запущена Национальная технологическая инициатива (НТИ) — программа мер по созданию условий для глобального технологического лидерства России к 2035 г. Матрица НТИ объединяет ключевые понятия: рынки, технологии, инфраструктура и институты. Группа «Технологии» включает

направления: цифровое проектирование и моделирование, новые материалы, аддитивные технологии, квантовые коммуникации, сенсорики, мехабиотроника, бионика, геномика и синтетическая биология, нейротехнологии, BigData, искусственный интеллект и системы управления, новые источники энергии, элементная база, в т.ч. процессоры (<http://asi.ru/nti/>).

Здесь видна ключевая роль информационно-коммуникационных технологий (ИКТ).

Постановлением Правительства Российской Федерации от 18 апреля 2016 г. №317 «О реализации Национальной технологической инициативы» утверждены правила разработки и реализации планов мероприятий («дорожных карт»), положение о разработке, отборе, реализации и мониторинге проектов по их реализации, а также правила предоставления субсидий из федерального бюджета ([http://asi.ru/upload\\_docs/Post\\_PravRF\\_18042016\\_317\\_NTI.pdf](http://asi.ru/upload_docs/Post_PravRF_18042016_317_NTI.pdf)).

*Предыстория вопроса и зарубежный опыт.* Термин «цифровая экономика» предложил Н. Негропonte в

1995 г. [11]. Это понятие связано с интенсивным развитием ИКТ на основе информации как главного фактора производства [7].

Цифровая экономика или «Индустрия 4.0» [3] — это «Четвертая промышленная революция» (ЧПР): первая — механизация производства на основе воды и пара; вторая — эпоха электричества; третья — автоматизация производства на основе электроники и информационных технологий; четвертая — становление цифровой экономики [3,7].

«Индустрия 4.0» зародилась в Германии в 2011 г. для повышения конкурентоспособности обрабатывающей промышленности путем интеграции «киберфизических систем» (CPS) в заводские процессы [9].

Однако вскоре появились проблемы. Конфедерация профсоюзов Германии (DGB) выразила озабоченность негативным влиянием информатизации на условия труда. Опрос 9700 рабочих показал, что 82% из них сталкиваются ежедневно с роботами, компьютерами и ИКТ. Рабочие отметили, что в результате их трудовая нагрузка в целом стала меньше (5%), осталась прежней (45%), стала больше (46%) [9].

Характерно, что темой Всемирного экономического форума в Давосе в январе 2016 г. была ЧПР. Основатель форума К. Шваб, изложив в докладе ее перспективы и вызовы, отметил: «Невозможно предвидеть, как она будет разворачиваться, но уже сейчас очевидно, что она затронет все группы человечества, все профессии и т. д.» (<https://www.weforum.org/>).

Однако, вызываемая к жизни экономической целесообразностью и привлекательностью повышения качества жизни, ЧПР несет в себе риски нестабильности и коллапса мировой системы, в связи с чем ее наступление воспринимается как вызов человечеству [7]. В технологическом плане ЧПР характеризуют большие данные, интернет вещей, дополненная и виртуальная реальность, 3D-печать и др. Из прогнозируемых последствий отмечают трансформацию экономики, освобождение от рутины, индивидуализацию человеческого мира, социальное расслоение и др. (<http://www.furfur.me/furfur/changes/changes/216447-4-aya-promyshlennaya-revolutsiya>).

**Кадры для цифровой экономики (ЦЭ).** По данным опроса свыше 14 тыс. предприятий Минтруда России составило «Список 50 наиболее востребованных на рынке труда новых и перспективных профессий, требующих среднего профессионального образования» (приказ от 3 марта 2015 г. №349-р). В список, наряду с традиционными профессиями автомеханика, сварщика, повара и парикмахера, вошли администратор баз данных, мехатроник, мобильный робототехник, техник по биотехническим и медицинским аппаратам и системам, техник по защите информации и др. В общей сложности почти 1/3 перспективных профессий относятся к сфере ЦЭ.

Среди профессий сферы ЦЭ, требующих высшего образования, важной является профессия системного аналитика. Ее профессиональный стандарт (утверж-

ден приказом Минтруда России от 28.10.2014 №809н) относится к области информационных технологий (код ОКВЭД 2–72.2 «Разработка программного обеспечения и консультирование в этой области») и содержит описание трудовых функций, требования к образованию. Основная цель — разработка, восстановление и сопровождение требований к программному обеспечению (ПО), продукту, средству, программно-аппаратному комплексу, автоматизированной информационной системе или автоматизированной системе управления на протяжении их жизненного цикла.

Отметим, что характер и условия труда близкой профессии в Евросоюзе будут рассмотрены ниже.

За 10-летний период 2004–2013 гг. рынок труда в ИТ-сфере вырос в 18 раз: если в 2004 г. в России было 12 тыс. вакансий, то в 2013 г. — более 214 тыс. Самыми быстро набирающими популярность позициями на ИТ-рынке стали программисты JavaScript, SEO-специалисты и специалисты технической поддержки. Так, по Москве в период с 2007 по 2014 гг. спрос на программистов JavaScript и SEO-специалистов вырос в 11 раз, на специалистов технической поддержки — почти в 8 раз и т. д. ([http://rabota.mail.ru/news/3500?utm\\_content=news3500\\_17072014&utm\\_medium=mail.ru&utm\\_source=new&utm\\_campaign=new](http://rabota.mail.ru/news/3500?utm_content=news3500_17072014&utm_medium=mail.ru&utm_source=new&utm_campaign=new)).

По оценке специалистов, в США насчитывается 4,5 млн работников, связанных с ИТ-индустрией, в Китае — 1,8 млн специалистов, в Индии цифры того же порядка. В России по разным оценкам насчитали от 400 до 700 тыс. человек. У нас примерно четырехкратная нехватка айтишников, а в Европе, например, — двукратная. Если сравнить с нашей страной, население США больше в два раза, а ИТ-специалистов там больше в 10 раз. Поэтому неудивительно, что на бирже труда растет спрос на услуги специалистов из сферы информационных технологий» [6].

**Новые профессии врачей для превентивной медицины.** На 6-й Всероссийской научно-практической конференции «Превентивная медицина–2016», прошедшей в МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, эксперты пришли к выводу, что развитие превентивной медицины требует появления новых медицинских и околомедицинских специальностей [4].

Термин «превентивная медицина» (ПМ) был введен генетиками. Речь идет о трех «П»: *превенция* — предотвращение заболеваний и профилактика; *предикция* — или сверххраня и ранняя диагностика на основе самых современных методов; *персонификация* — индивидуальный подход к профилактике, лечению и реабилитации. ПМ существовала в России всегда — это профилактическая медицина, просто в настоящее время появились новые методы сверххраня диагностики, благодаря генетическим, иммунологическим и другим исследованиям, которые позволяют выявлять изменения и нарушения в органах и системах до клинических проявлений, оценивать наличие предрасположенности к заболеваниям, подбирать индивидуальные меры профилактики.

Таблица 1

**Сравнение оценок характера и условий труда программистов и общей популяции работников 28 стран ЕС [8]**

| Показатель                                                           | Программисты | ЕС-28 в целом |
|----------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|
| Тенденция изменения с начала кризиса занятости в неделю              | Рост         | Спад          |
| Длительность рабочей недели по всем группам                          | 38 ч         | 38 ч          |
| Увеличение длительности рабочей недели в микрогруппах                | 32%          | 19%           |
| Плохое соотношение: работа-жизнь (семейные и социальные обязанности) | 11%          | 18%           |
| Работа в команде,<br>в том числе с большой автономностью             | 65%<br>28%   | 64%<br>19%    |
| Риски, вызванные:                                                    |              |               |
| — позой и движениями,                                                | 68%          | 100%          |
| — биологическими и химическими факторами,                            | 75%          | 100%          |
| — факторами окружающей среды                                         | 67%          | 100%          |
| Временная нетрудоспособность вследствие травматизма                  | 4%           | 10%           |
| Плохое здоровье (по самооценке)                                      | 12%          | 21%           |
| Риски для здоровья на работе                                         | 12%          | 24%           |
| Негативное влияние работы на здоровье                                | 13%          | 25%           |
| Презентизм (присутствие на работе при плохом самочувствии)           | 44%          | 39%           |
| Готовность работать после 60 лет                                     | 77%          | 58%           |
| Временная нетрудоспособность (абсентеизм)                            | 53%          | 100%          |
| Жалобы на здоровье                                                   | 78%          | 100%          |
| Психическое благополучие                                             | 106%         | 100%          |

В вузах Минздрава России уже готовят специалистов по группе специальностей «Фундаментальная медицина»: медицинская биохимия, медицинская биофизика и медицинская кибернетика. У выпускников формируются компетенции в части готовности к использованию основных физико-химических, математических и иных естественнонаучных понятий и методов при решении профессиональных задач. По программе «Медицина будущего» созданы кафедры превентивной, персонализированной и трансляционной медицины.

В «медицине будущего», частью которой можно назвать и ПМ, будут использоваться генотерапия, кибербиопротезирование, получение 3D-органов, телемедицина и др. [4]. Здесь также видно, что инновации в здравоохранении основаны на ИКТ.

Условия труда работников ИТ-сферы в Евросоюзе [8]. Представляет интерес рассмотреть характер и условия труда работников ИТ-сферы на примере деятельности «Компьютерное программирование, консультирование и связанные области» — код Евросоюза NACE-62 (профессия близка к описанной выше по коду ОКВЭД 2-72.2 «Разработка программного обеспечения и консультирование в этой области»). Отчет базируется на 5-ом Европейском исследовании условий труда в 34 странах и содержит данные опроса 349 работников этого сектора (сравниваются аспекты работы в секторе с ЕС-28 в целом).

Доля программистов в ЕС составила в 2010 г. 1,2% с тенденцией роста. Этот показатель составил около 2% в Голландии, Дании, Ирландии, Швеции; 0,2–0,6% — в Болгарии, Греции, Румынии.

В этом секторе 78% работников составляли мужчины; в возрастной группе 25–39 лет было 54,6% (в

ЕС-28–36,4%). Анализ проводили для организаций численностью: микрогруппы — 1–9 чел., малые и средние предприятия — 10–249 чел., крупные — 250 чел. и более.

Интересен анализ соотношения напряженности труда (НТ) и автономности труда (АТ), что важно для оценки степени стресса; средние показатели для ЕС-28 составляют 37% и 60% для НТ и АТ соответственно (зона ниже этих значений — пассивный труд).

Для программистов показатели НТ и АТ были: для группы до 35 лет — 52% и 74%; 35–49 лет — 45% и 84%; 50 лет и старше — 42% и 78% соответственно. Различия по полу существенны: показатели НТ и АТ для женщин 43% и 70%, а для мужчин — 42% и 81%. Социальная среда у программистов лучше на 6%, чем в среднем по ЕС-28.

Несмотря на то, что у программистов высокая НТ, они могут выбирать пути решения задач и стратегию преодоления проблем путем обучения, поэтому им удастся полностью реализовать свои способности.

Интересно, что на таксономической схеме «Напряженность труда — автономность труда», которая отражает вероятность работников пострадать от профессионального стресса, все группы программистов попадают в правый верхний квадрант: высокая напряженность при большой автономности. Исключением, пожалуй, являются работники 50 лет и старше, у которых НТ ниже при высокой АТ.

Проблемными с точки зрения профессионального стресса могут быть профессии, попадающие в правый нижний квадрант схемы. Такие работники рискуют накопить высокие уровни нагрузок, что может приводить к небезопасным уровням стресса и, как следствие, — к

стресс-обусловленным заболеваниями, таким как болезни ССС и нарушения психического здоровья.

В целом приведенные в табл. 1 данные отражают кратковременные эффекты и недооценивают влияние нервно-напряженного труда на здоровье программистов [8].

*Преимущества и недостатки ЦЭ с позиций медицины труда.* На основе анализа тенденций и перспектив систематизированы *pro* и *contra* внедрения ЦЭ (табл. 2).

Таблица 2

### Плюсы и минусы внедрения цифровой экономики

| Показатель                                                                                               | Оценка<br>+/- |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Организация труда и экономика</b>                                                                     |               |
| Гибкость и мобильность производства                                                                      | +             |
| Новые профессии и компетенции работников                                                                 | +             |
| Экономическая эффективность производства                                                                 | +             |
| <b>Условия труда и факторы риска</b>                                                                     |               |
| Автономность труда                                                                                       | +             |
| Гибкие и свободные режимы труда и отдыха                                                                 | +             |
| Дистанционное управление и дистантная работа                                                             | +             |
| Снижение вредных факторов рабочей среды                                                                  | +             |
| Снижение физической тяжести труда                                                                        | +             |
| Снижение риска аварий и травматизма                                                                      | +             |
| Повышение напряженности труда                                                                            | -             |
| Реальность дополненная и/или виртуальная                                                                 | -             |
| <b>Состояние здоровья</b>                                                                                |               |
| Снижение риска профзаболеваний                                                                           | +             |
| Повышение риска болезней, связанных с работой от нервно-психических нагрузок и стрессов                  | -             |
| Снижение абсентеизма и презентизма                                                                       | +             |
| Донозологические формы нарушений здоровья и пограничные состояния                                        | +             |
| Ранняя диагностика, лечение и реабилитация                                                               | +             |
| <b>Профилактика</b>                                                                                      |               |
| Оптимизация труда и эргономики рабочих мест                                                              | +             |
| Корпоративные программы ЗОЖ и велнеса                                                                    | +             |
| Интернет-технологии профилактики стрессов и лечение депрессивных состояний (Occupational eMental Health) | +             |
| <b>Социальные аспекты труда</b>                                                                          |               |
| Буллинг, моббинг, сексуальные домогательства                                                             | -             |
| Социальное напряжение и расслоение                                                                       | -             |
| Самореализация, профессиональный карьерный рост                                                          | +             |
| Заработки, выполнение семейных и социальных обязанностей                                                 | +             |

В табл. 2 виден комплекс гигиенических, эргономических, клинических и социально-экономических проблем, что предполагает системный подход к их решению.

По мнению некоторых ученых [7], мир становится все более технологичным и все менее этичным и духовным, в нем хрематистика берет верх над экономикой, т. е. преобладает извлечение прибыли, а не

удовлетворение естественных потребностей (термины по Аристотелю).

Это чревато негативными последствиями для работника. Например, роботизация снижает риск аварий и травматизма, но сопряжена с риском безработицы. В целом для новых профессий ЦЭ можно ожидать сдвиг от преимущественно соматической патологии к психосоматической и пограничным состояниям.

С позиций медицины труда самым важным вызовом ЦЭ является внедрение технологий дополненной и/или виртуальной реальности, создающих значительные нагрузки на психику.

В этом отношении перспективно развитие электронной медицины труда в части психического здоровья (Occupational eMental Health). Она охватывает широкий спектр мероприятий, используя потенциал ИКТ с целью профилактики и укрепления здоровья работников. Основанные на обширных исследованиях в области психотерапии, интернет-мероприятия все больше разрабатываются для работников при хроническом стрессе, в частности, для учителей [10].

Для управления рисками следует развивать подходы информационной гигиены [1,2] и внедрять биоинформационные технологии прогнозирования, каузации и профилактики; они приведены в электронном справочнике «Профессиональный риск» (<http://medtrud.com/>).

В перспективе необходимы разработки:

— в гигиеническом плане — новых профессиографических показателей и критериев оценки эмоционально напряженного операторского и интеллектуального труда массовых профессий и компетенций ИКТ,

— в клиническом плане — методов и критериев медицинской психологии оценки пограничных состояний когнитивных функций, а также психосоматических нарушений на основе оценки аллостатических нагрузок при хронически стрессах.

По Федеральному закону «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21 ноября 2011 г. №323-ФЗ, «здоровье — состояние физического, психического и социального благополучия человека, при котором отсутствуют заболевания, а также расстройства функций органов и систем организма».

Цифровая экономика — влечение времени и объективная реальность. Она развивается преимущественно на основе ИКТ, что определяет для медицины труда приоритетность развития информационной гигиены [1,2].

При должном гигиеническом обеспечении ЦЭ будет способствовать экономическому росту, а также сохранению и укреплению здоровья работников, удовлетворенности трудом и психосоциальному благополучию.

### Выводы:

1. Становление цифровой экономики порождает профессии и компетенции на основе информации как главного фактора производства, что определяет приоритет информационной гигиены.

2. Новые технологии порождают новые факторы риска и сопряжены с новыми формами профзаболеваний и болезней, связанных с работой; для их диагностики, лечения и профилактики следует внедрять ИКТ.

3. Для ответа на вызовы цифровой экономики необходимо накапливать данные о положительных и отрицательных условиях труда и исходах и систематизировать в рамках превентивной медицины.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES pp. 8–11)

1. Бухтияров И.В., Денисов Э.И., Еремин А.А. Основы информационной гигиены: концепции и проблемы инноваций. // Гиг. и санит. — 2014. — №4. — С. 5–9.

2. Денисов Э.И., Еремин А.А. Информация, здоровье, инновации: гигиенические аспекты. // Вестник РГМУ. — 2013. — №5–6. — С. 114–118.

3. Индустрия 4.0: создание цифрового предприятия ([http://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global\\_industry-2016\\_rus.pdf](http://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf)).

4. Кудрин К. В России появятся новые медицинские специальности. Известия, 18 ноября 2016 (<http://izvestia.ru/news/645799#ixzz4RLTwhvvg>).

5. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Утверждена указом Президента РФ от 1.12.2016 №642 ([http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_207967/491d0aad1a57443c712cfd119c49c7d5291eab8/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/491d0aad1a57443c712cfd119c49c7d5291eab8/)).

6. Тормасов А.П. Проблемы информатики. ФУПМ МФТИ, — 2013 (<http://www.myshared.ru/slide/332856/>).

7. Юдина Т.Н. Осмысление цифровой экономики // Теоретическая экономика. — 2016. — №3. — С. 12–16 (<http://www.theoreticaleconomy.info/articles/999.pdf>).

3. Industry 4.0: creation of digital enterprise ([http://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global\\_industry-2016\\_rus.pdf](http://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf)) (in Russian).

4. Kudrin K. Russia will see new medical specialties. Izvestiya, 18 November 2016 (<http://izvestia.ru/news/645799#ixzz4RLTwhvvg>) (in Russian).

5. Strategy of scientific and technologic development of Russian Federation. Approved by Order of Russian Federation President on 1.12.2016 №642 ([http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_207967/491d0aad1a57443c712cfd119c49c7d5291eab8/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/491d0aad1a57443c712cfd119c49c7d5291eab8/)) (in Russian).

6. Tormasov A.P. Information science problem. FUPM MFTI, 2013 (<http://www.myshared.ru/slide/332856/>) (in Russian).

7. Yudina T.N. Understanding digital economics // Teoreticheskaya ekonomika. — 2016. — 3. — P. 12–16 (<http://www.theoreticaleconomy.info/articles/999.pdf>) (in Russian).

8. Computer programming, consultancy and related activities: Working conditions and job quality. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. 2013. EF/13/84/EN 31. 12 pp. (<http://eurofound.europa.eu/comparing-working-conditions-across-sectors-in-europe>).

9. Germany: digitization and quality of work. Report 2016 “DGB-Index Gute Arbeit”. Eurogip-Info. 2016, №11 (<http://eurogip.fr/fr/eurogip-infos-actu?id=4474>).

10. Lehr D., Heber E., Sieland B., Ebert D.D. «Occupational eMental Health» in der Lehrer\*gesundheits: Ein metaanalytisches Review zur Wirksamkeit von Online-Gesundheitstrainings bei Lehrkräften. Prävention und Gesundheitsförderung. June 2016 (DOI: 10.1007/s11553-016-0541-6).

11. Negroponte N. Being Digital / N. Negroponte. — NY: Knopf, 1995. — 256 p.

Поступила 30.03.2017

#### REFERENCES

1. Bukhtiyarov I.V., Denisov E.I., Eremin A.L. Basics of informational hygiene: concepts and innovation problems. Gig. i sanit. — 2014. — 4. — P. 5–9 (in Russian).

2. Denisov E.I., Eremin A.L. Information, health, innovations: hygienic aspects // Vestnik RGMU. — 2013. — 5–6. — P. 114–118 (in Russian).

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бухтияров Игорь Валентинович (Bukhtiyarov I.V.), д-р. ФГБНУ НИИ МТ, засл. деятель науки РФ, чл.-корр. РАН, д-р мед. наук, проф. E-mail: ivbukhtiyarov@mail.ru.

Денисов Эдуард Ильич (Denisov E.I.), гл. науч. сотр. ФГБНУ НИИ МТ, д-р биол. наук, проф. E-mail: denisov28@yandex.ru.

УДК 614.2

Шипилов И.В., Беляева Ю.С., Бетехтина В.А., Воронин В.Н., Ладик Е.А.

**ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ПРОГРАММЫ «ЗДОРОВОЕ ПИТАНИЕ» В СИСТЕМУ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ КРУПНЕЙШЕЙ УГОЛЬНОЙ КОМПАНИИ**

АО «Сибирская Угольная Энергетическая Компания», ул. Дубининская, 53/7, Москва, РФ, 115054

Проблемы здорового образа жизни (ЗОЖ) и профилактики неинфекционных заболеваний в последние годы находятся в поле зрения международных и национальных организаций, ответственных за здоровье и благополучие населения. Кроме того, многие успешные предприятия, осознавая очевидную выгоду программ по формированию здорового образа жизни (ЗОЖ), внедряют у себя меры, содействующие формированию здоровых привычек у работников и членов их семей. Эти меры во многом дополняют инициативы, осуществляемые государством РФ, и приносят значительную пользу работникам, работодателям и обществу в целом. Рассмотрен опыт внедрения Программы «Здоровое питание», как компонент системы профилактических мероприятий, направленный на рационализацию питания работников крупного угледобывающего предприятия Кузбасса, а также приведены первые полученные результаты.

**Ключевые слова:** *здоровый образ жизни; здоровое питание; питание работников угледобывающих предприятий*

Shipilov I.V., Belyaeva Yu.S., Betekhtina V.A., Voronin V.N., Ladik E.A. **Experience of «Healthy nutrition» program implementation into system of preventive measures in major coal company.** Siberian Coalntnrgy Company, 53 (7), Dubininskaya str., Moscow, Russian Federation, 115054

Problems of healthy lifestyle and prevention of noninfectious diseases in recent years have been under observation of international and national organizations responsible for health and well-being of population. Moreover, many successful enterprises, understanding evident profit from the programs on healthy lifestyle formation, implement measures promoting healthy habits in the workers and their family members. These measures in general complete initiatives provided by RF government and are significant benefits for workers, employers and society in general. The article considers experience of «Healthy nutrition» program implementation as a part of preventive measures system aimed at rational nutrition of workers in major coal-extracting enterprise in Kuzbass, and presents first results obtained.

**Key words:** *healthy lifestyle; healthy nutrition; nutrition of workers in coal-extracting enterprises*

**Введение.** В рамках очередной 136-й сессии Исполнительного Комитета (ИК) ВОЗ предложено признать важность статуса питания (как недостаточного, так и избыточного) в этиологии развития различных неинфекционных заболеваний (НИЗ) на всех этапах жизни человека. Предложено также признать важность включения вопросов питания в повестку развития здравоохранения в период после 2015 г. [4].

Одной из целей Глобального плана действий по профилактике и борьбе с НИЗ в 2013–2020 гг., принятого ВОЗ, является оптимизация питания населения, в т. ч. снижение на 10% употребления алкоголя в опасных для здоровья количествах и снижение на 30% среднего потребления соли/натрия среди взрослого населения страны [5].

Для достижения поставленных целей необходимо внедрение эффективных профилактических мероприятий как на государственном уровне, так и на уровне отдельных субъектов и промышленных предприятий на основе популяционных и персонифицированных методов [2].

В связи с этим очевидно, что внедрение новых технологий в обеспечение профилактики развития

патологических изменений состояния здоровья работающего персонала крупнейшей угольной компании является социально-значимой и приоритетной задачей. Одним из ключевых условий сохранения здоровья различных групп трудящихся является правильно подобранное питание с учетом профессиональных особенностей [1], как способ, обеспечивающий алиментарную защиту от воздействия неблагоприятных производственных факторов.

Большое значение, наряду с организацией правильного питания на производстве, имеет проведение информационно-кампаний, разработка и распространение разъясняющих материалов.

**Цель работы** — оценка динамики показателей алиментарно-зависимых факторов риска неинфекционных заболеваний работников угледобывающих предприятий Кузбасса, участвующих в Программе «Здоровое питание».

**Материалы и методы.** 01.06.2015 г. на предприятиях Кузбасса внедрена Программа «Здоровое питание» (далее Программа). Программа, разработанная сотрудниками управления медицины труда АО «Сибирская

угольная энергетическая Компания» (АО СУЭК), направлена на укрепление позиций здорового образа жизни работников угольной Компании, разъясняет принципы подбора продуктов питания и способов их кулинарной обработки при различных нозологиях.

**Цель Программы** — улучшение качества жизни работников, перспективное снижение показателей временной нетрудоспособности в группе заболеваний желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и сердечно-сосудистой системы (ССС), повышение резистентности организма к воздействию факторов производственной среды.

В рамках Программы были поставлены следующие задачи:

1. Выявить работников с риском развития хронических неинфекционных заболеваний ЖКТ и ССС и с уже имеющимися заболеваниями данных групп по результатам медицинских осмотров.

2. Включить сформированные группы выявленных работников в систему динамического наблюдения с использованием необходимых медицинских технологий.

3. Провести мероприятия по гигиеническому обучению и воспитанию работников, направленные на оптимизацию питания и пищевого поведения, формирование здорового образа жизни.

4. Повысить информированность в вопросах питания работников различных профессиональных групп.

5. Улучшить санитарно-эпидемиологический режим пунктов общественного питания и внедрить технологии, блюда, функциональные продукты и рацион, соответствующие требованиям здорового питания.

В соответствии с принципами Программы было разработано десятидневное меню для работников угольных предприятий с хроническими неинфекционными заболеваниями ЖКТ и ССС. Меню «Здоровое питание» направлено на устранение дисбаланса и обеспечение оптимальной суточной потребности в нутриентах. Калорийность рациона определена согласно энерготратам работников угольных предприятий в соответствии с тяжестью труда. В меню учтено действие на работников вредных факторов: наибольшее количество работников подвергаются воздействию вибрации, шума, аэрозолей преимущественно фиброгенного действия, в связи с чем рационы обогащены продуктами детоксикационного действия — продуктами, содержащими пектин (кисели и выпечка из фруктов, особенно яблок, ягод), минорными и биологически активными веществами (молоко и кисломолочные продукты, творог), полиненасыщенными жирными кислотами и адаптогенами. Программой предусмотрено приготовление блюд по «щадающему» принципу — пудингов, каш, суфле, запеканок, пюре и супов-пюре, паровых котлет; исключается из рецептуры, агрессивно действующие на желудочно-кишечный тракт, пряности и специи, пищевые кислоты. Для реализации новых рецептов и соблюдения «щадающего» принципа проведены технические и технологические мероприятия: коррекция закупа продуктов питания

(в закуп включены тыквы и кабачки, увеличен объем закупа яблок и моркови, свежей рыбы, шиповника и т. д.); приобретено оборудование — пароконвектоматы, которые позволяют готовить блюда без жарки и ограничить внесение кулинарных жиров без утраты вкусовых качеств, обеспечивая сохранность питательных веществ. В новых рецептурах учтено ограничение внесения соли. Одним из важнейших критериев новой рецептуры являлось ограничение внесения жира (использование маложирных сортов мяса и птицы, отказ от приготовления на маргарине и сливочном масле), исключение майонеза в качестве заправки и маринада, уменьшение количества сахара в напитках. Согласно требованиям Программы, в рецептуру предусмотрено внесение свежей зелени и овощей, отрубей, цельных зерен, муки грубого помола; рацион расширен за счет использования морской рыбы, кальмаров, морской капусты и других продуктов моря. В настоящее время во всех столовых предприятий зоны ответственности АО «СУЭК» представлено широкое меню «Здоровое питание», удовлетворяющее пищевые потребности работников горнодобывающей промышленности.

Согласно Программе, первоначально проведено обучение врачей и старших фельдшеров, работников предприятий общественного питания и затем работников угольных предприятий посредством тематических «Школ здоровья», индивидуальных бесед, оформлением уголков здоровья с плакатами и брошюрами о здоровом питании. Для повышения приверженности к здоровому питанию работников проведена массовая акция с викториной о здоровом питании.

Образовательные мероприятия разработаны на основе рекомендаций по питанию ВОЗ ведущих отечественных и зарубежных специалистов по гигиене питания и медицине труда и включают: I. Руководство «Консультирование работников угольных предприятий по вопросам оптимизации питания при хронических неинфекционных заболеваниях желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и сердечно-сосудистой системы (ССС)»; II. Руководство «Выбор пищевых продуктов и способов их кулинарной обработки для приготовления блюд профилактического питания работникам с хроническими заболеваниями желудочно-кишечного тракта и сердечно-сосудистой системы»; III. Руководство по применению «Здорового питания» в домашних условиях. Руководство «Консультирование работников угольных предприятий по вопросам оптимизации питания при хронических неинфекционных заболеваниях желудочно-кишечного тракта и сердечно-сосудистой системы» содержит рекомендации для медицинского персонала Компании: алгоритм действий врача (старшего фельдшера) в рамках Программы «Здоровое питание», методологические основы консультирования по вопросам здорового питания работников, особенности питания работников с хроническими заболеваниями ЖКТ и ССС, принципы динамического наблюдения работников с риском развития заболеваний органов пищеварения и ССС.

В Руководстве «Выбор пищевых продуктов и способы их кулинарной обработки» даны рекомендации для работников общественного питания, обслуживающих предприятия АО «СУЭК» по обеспечению условий рациональной организации питания работающих угледобывающих предприятий в ходе реализации Программы «Здорового питания».

Руководство по применению «Здорового питания» в домашних условиях» предназначено для работников Компании и содержит сведения о принципах здорового питания при хронических заболеваниях ЖКТ, ССС, рекомендации по выбору продуктов питания и способам их кулинарной обработки при хронических заболеваниях ЖКТ и ССС. Материалы программы оформлены в книгу «Программа «Здоровое питание» Профилактика заболеваний желудочно-кишечного тракта и сердечно-сосудистой системы» — Москва, 2015. — 120 с.

Приложением к Программе «Здоровое питание» разработаны буклеты, которые распространяются среди работников Компании: «Принципы здорового питания», «Питание при повышенном содержании сахара в крови», «Питание при избыточном весе», «Питание при повышенном содержании холестерина в крови».

Большое значение отводилось маркетингу блюд Программы — специально разработан логотип «Здоровое питание», красочная рамка для бланка меню, ценники, блюда «Здоровое питание» располагались отдельно от блюд основного меню на линии раздач.

В рамках медицинских мероприятий реализации Программы «Здоровое питание» были включены следующие производственные единицы АО «СУЭК — Кузбасс»: шахта «им. 7 Ноября», «им. С.М. Кирова», «Комсомолец», «им. А.Д. Рубана», Шахтоуправление «Котинское» и «Талдинское-Западное». В исследование включены 850 работников с риском развития и заболеваниями ЖКТ и ССС. В первую группу вошли работники с риском развития и заболеваниями ЖКТ, всего 334 работника (172 мужчины, 162 женщины) в возрасте от 26 до 62 лет. Во вторую группу вошли работники с риском развития и заболеваниями ССС, всего 516 работников (217 мужчин, 299 женщин) в возрасте от 29 до 60 лет.

План обследования состоял из двух этапов (1-ый — исходный, 2-ой через 6 месяцев участия в Программе) и включал: анкетирование, исследование антропометрических данных (массы тела, индекса массы тела (ИМТ)), определение уровня холестерина и глюкозы в сыворотке крови, измерение артериального давления (АД)). Разработанная анкета, содержала 8 вопросов, отражающих частоту проявления симптомов, соответствующих заболеваниям ЖКТ и ССС, позволяющих сформировать субъективную оценку состояния здоровья работников. Интерпретация данных проводилась по сумме баллов (от 40 до 0). ИМТ рассчитывался по формуле:  $ИМТ = МТ (кг) / \text{рост}^2 (м)$  и оценивался по следующим критериям: ИМТ менее 18,5 кг/м<sup>2</sup> — дефицит массы тела; ИМТ 18,5–24,4 кг/м<sup>2</sup> — норма; ИМТ 24,5–29,9 кг/м<sup>2</sup> — избыточная масса

тела; ИМТ более 30 кг/м<sup>2</sup> — ожирение [3]. Определение уровня общего холестерина и глюкозы сыворотки крови проводилось натошак экспресс-методом на многофункциональном приборе EasyTouchGCHB. За оптимальные показатели АД были приняты: систолическое давление не более 120 и диастолическое не более 80 мм рт. ст. [6].

Полученные данные представлены в виде средних показателей и ошибки среднего показателя, данные о долях признаков выражены в относительных показателях. Обработка данных проведена с помощью лицензионного пакета программ MicrosoftOfficeExcel.

Результаты и их обсуждение. В 1 группе работников, имеющих риски развития или заболевания ЖКТ (n=334), по результатам первого полугодия Программы повысилась субъективная оценка самочувствия по критерию — суммарный балл. Так в начале Программы суммарный балл по субъективной оценке самочувствия в среднем составлял 27,6±0,3, через 6 месяцев — 31,9±0,1. При первичном обследовании в данной группе систолическое АД в среднем составило 137,1±3,1 мм рт. ст., диастолическое — 88,4±1,2 мм рт. ст. 35,5% работников этой группы имели АД выше оптимального. При контрольном обследовании у 13,2% лиц с давлением выше оптимального отмечено снижение АД и в среднем систолическое артериальное давление составило 119,9±0,1 мм рт. ст., диастолическое — 78,2±0,1 мм рт. ст.

Масса тела в 1 группе (табл. 1) в начале Программы в среднем составила 72,9±1,7 кг, ИМТ — 24,4±0,7 кг/м<sup>2</sup>. Большинство обследуемых (66,6%) имели нормальную массу тела и ИМТ не более 24,4 кг/м<sup>2</sup>. У 33,1% обследованных работников была отмечена избыточная масса тела и ИМТ более 24,4 кг/м<sup>2</sup>. Через 6 месяцев участия в Программе средний вес группы с рисками или заболеваниями ЖКТ составил 69,9±0,4 кг, снижение массы тела было отмечено у 21,9% обследуемых с избыточной массой тела. Через 6 месяцев ИМТ в среднем снизился на 1,7±0,6 кг/м<sup>2</sup>. Среди лиц, имеющих ИМТ более 24,4 кг/м<sup>2</sup>, после 6 месяцев участия в Программе в 7,3% случаев отмечена его нормализация, а в 15,9% — снижение массы тела, но ИМТ по-прежнему остался выше нормы.

Показатели содержания холестерина и глюкозы в сыворотке крови в 1 группе до участия в Программе в среднем составляли 4,9±0,6 ммоль/л и 4,7±0,1 ммоль/л, соответственно. Через 6 месяцев в 37,7% случаев у лиц с гипергликемией было отмечено снижение уровня сахара в крови, в 14,5% случаев у работников с гиперхолестеринемией также отмечена тенденция к нормализации содержания холестерина в сыворотке крови. В среднем уровень холестерина в сыворотке крови снизился на 0,3±0,1 ммоль/л, глюкозы — 0,2±0,1 ммоль/л. Также отмечена положительная динамика субъективной оценки состояния здоровья относительно данных до участия в Программе «Здоровое питание» и через 6 месяцев. После полугодического участия в Программе отмечено

Таблица 1

## Средние показатели в группе 1 (исходные и после 6 месяцев участия в Программе)

| Субъективная оценка состояния здоровья |          | ИМТ      |          | Уровень общего холестерина |         | Уровень глюкозы |         | АД систолическое/диастолическое |                        |
|----------------------------------------|----------|----------|----------|----------------------------|---------|-----------------|---------|---------------------------------|------------------------|
| до                                     | после    | до       | после    | до                         | после   | до              | после   | до                              | после                  |
| 27,6±0,3                               | 31,9±0,1 | 24,4±0,7 | 22,7±0,6 | 4,9±0,6                    | 4,6±0,1 | 4,7±0,1         | 4,5±0,4 | 137,1±3,1/<br>88,4±1,2          | 119,9±0,1/<br>78,2±0,1 |

Таблица 2

## Средние показатели в группе 2 (исходные и после 6 месяцев участия в Программе)

| Субъективная оценка состояния здоровья |          | ИМТ      |          | Уровень общего холестерина |         | Уровень глюкозы |         | АД систолическое/диастолическое |                        |
|----------------------------------------|----------|----------|----------|----------------------------|---------|-----------------|---------|---------------------------------|------------------------|
| до                                     | после    | до       | после    | до                         | после   | до              | после   | до                              | после                  |
| 27,4±0,9                               | 31,4±0,4 | 28,2±0,4 | 26,9±0,2 | 5,5±0,5                    | 5,0±0,2 | 5,3±0,1         | 5,1±0,1 | 138,1±0,9/<br>89,9±1,8          | 127,1±0,5/<br>80,2±0,6 |

снижение систолического и диастолического артериального давления в среднем на 17,2±0,1/10,2±0,1 мм рт. ст.

Во 2 группе работников, имеющих риски развития или заболевания ССС (n=516), по результатам первичного обследования в рамках Программы средний суммарный балл по результатам анкетирования составил 27,4±0,9 (табл. 2). После 6 месяцев участия в Программе у 21,6% анкетированных было отмечено субъективное улучшение самочувствия в среднем на 2,9±0,1 балла.

Исходно среднее значение систолического АД было 138,1±0,9 мм рт.ст., диастолического — 89,9±1,8 мм рт.ст. Через 6 месяцев участия в Программе артериальное давление снизилось у 29,8±0,2% обследуемых с изначально высоким АД.

После шестимесячного участия в Программе во 2 группе была выявлена тенденция к снижению массы тела: при первичном обследовании средняя масса тела составила 78,8±1,5 кг, в конце первого полугодия отмечено снижение массы тела в среднем на 1,6±0,1 кг отмечено у 31,4% с избыточной массой тела. Исходно 62,8% работников во 2 группе имели ИМТ более 24,4 кг/м<sup>2</sup>, 37,8% — в пределах нормы, среднее значение ИМТ составило 28,2±0,4 кг/м<sup>2</sup>. По истечению 6 месяцев ИМТ снизился до нормальных значений у 18,7%.

Отмечено снижение уровня холестерина и глюкозы в крови в среднем на 0,4±0,1 ммоль/л.

**Выводы:**

1. Внедрение Программы «Здоровое питание» оказывает положительный эффект на снижение показателей алиментарно-зависимых факторов риска развития неинфекционных заболеваний, способствует улучшению общего состояния и повышению трудоспособности работников.

2. Положительную роль Программа «Здоровое питание» оказывает на снижение материальных затрат и улучшение экономической составляющей деятельности предприятий общественного питания, обслуживающих предприятия ОАО «СУЭК-Кузбасс».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 4,5)

1. Диетология / Под ред. А.Ю. Барановского. — 4-е изд. — СПб: Питер, 2012. — 1024 с.
2. Масленникова Г.Я., Бойцов С.А., Оганов Р.Г. и др. // Проф. мед. — 2015. — №18. (1). — С. 9–13.
3. Российские рекомендации четвертого пересмотра «Диагностика и лечение артериальной гипертензии» // Системные гипертензии. — 2010. — №3. — С. 5–26.

## REFERENCES

1. Baranovskyi A.Yu., ed. Dietology. 4<sup>th</sup> edition. — St-Petersburg: Piter, 2012. — 1024 p. (in Russian).
2. Maslennikova G.Ya., Boytsov S.A., Oganov R.G., et al. // Prof. med. — 2015. — 18 (1). — P. 9–13 (in Russian).
3. Russian recommendations of 4<sup>th</sup> revision «Diagnosis and treatment of arterial hypertension» // Sistemnye gipertenzii. — 2010. — 3. — P. 5–26 (in Russian).
4. Second International Conference on Nutrition held in Rome on 19–21 November 2014. The Framework for Action EB136/CONF/8Add. 1.
5. The United Nations General Assembly resolution 68/300, paragraph 30 (a) (i) & paragraph 30 (a) (ii).

Поступила 15.03.2016

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

- Шипилов Игорь Викторович (Shipilov I.V.),  
нач. упр. мед. труда ОАО «СУЭК — Кузбасс», канд. мед. наук. E-mail: ShipilovIV@suek.ru.
- Беляева Юлия Сергеевна (Belyaeva Yu.S.),  
зам. гл. вр. по гиг. труда ОАО «СУЭК — Кузбасс». E-mail: BelyaevaYuS@suek.ru.
- Бетехтина Виктория Александровна (Betekhtina V.A.),  
нач. отд. охр. здоровья и мед. труда ОАО «СУЭК — Кузбасс», канд. мед. наук. E-mail: BetekhtinaVA@suek.ru.
- Воронин Вадим Николаевич (Voronin V.N.),  
гл. вр. ОАО «СУЭК — Кузбасс». E-mail: VoroninVN@suek.ru.
- Ладик Елена Александровна (Ladik E.A.),  
вр. по общ. гигиене ОАО «СУЭК — Кузбасс». E-mail: LadikEA@suek.ru.

## Некролог

### ПАМЯТИ ЮРИЯ ИВАНОВИЧА МУСИЙЧУКА

25 августа 2017 г. ушел из жизни известный отечественный специалист в области медицины труда и профессиональной патологии, лауреат Государственной премии СССР, доктор медицинских наук, профессор Юрий Иванович Мусийчук.

Ю.И. Мусийчук родился в 1937 г. в г. Умани Киевской области. В 1960 г. закончил лечебный факультет 1-го Ленинградского медицинского института им. акад. И.П. Павлова. В 1960-1962 гг. продолжил обучение в клинической ординатуре, а затем (1962-1965 гг.) в аспирантуре при кафедре госпитальной терапии того же института. С 1965 по 1967 г. занимал должности врача баротерапии Центральной научно-исследовательской лаборатории и ассистента кафедры госпитальной терапии 1-го АМИ.

В 1967 г. перешел на работу в Филиал №3 Института биофизики Минздрава СССР (с 1984 г. — НИИ гигиены и профпатологии МЗ СССР, в настоящее время — НВВГигиены, профпатологии и экологии человека ФМБА России). В этом учреждении он прошел путь от младшего и старшего научного сотрудника до директора по научной работе (1974-1984 гг.) до директора института (1991-1996 гг.). С 1996 г. работал заведующим Городским организационно-методическим отделом Комитета по здравоохранению Администрации Санкт-Петербурга, с 2002 по 2006 гг. — заместителем директора Санкт-Петербургского медицинского информационно-аналитического центра. Организационную и руководящую работу совмещал с педагогической деятельностью на кафедре военной токсикологии и медицинской защиты Военно-медицинской академии, где плодотворно трудился на должности профессора в период с 1997 по 2014 г.

В 1966 г. Ю.И. Мусийчук защитил кандидатскую диссертацию, в 1985 г. — докторскую диссертацию по проблемам клинической токсикологии, профпатологии и организации медицинского обеспечения работников производств отравляющих веществ.

В 1980-1997 гг. Ю.И. Мусийчук являлся главным специалистом по профессиональной патологии 3-го Главного управления при Минздраве СССР (РФ) и постоянным членом комиссии по профпатологии при АМН СССР (РАМН), а с 1992 по 1996 г. был экспертом Минздрава России по проблемам уничтожения химического оружия. Все это время он организовывал семинары для врачей, участвовал в инспектировании медицинских учреждений и промышленных предприятий, в организации медицинской помощи рабочим химических предприятий, обслуживаемых медико-санитарными частями 3-го Главного управления Минздрава.

Основные научные интересы Ю.И. Мусийчука лежали в области медицины труда и профессиональной патологии работников производств, связанных с высокотоксичными химическими веществами (гидразины, ни-

троэфиры, этиленмин, фтор и его производные, углеводороды, фосфорорганические отравляющие вещества и др.). Значительное число исследований было посвящено проблемам оценки здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды, особенностям влияния на здоровье людей геологического строения земной коры и состояния атмосферы. Большое внимание Юрий Иванович уделял вопросам организации оказания медицинской помощи при химических авариях и катастрофах, лично участвовал в ликвидации ряда инцидентов на химически опасных объектах, всегда давая принципиальную оценку состоянию здоровья персонала и населения, проживающего вблизи аварийных объектов. При его непосредственном участии было разработано и внедрено значительное число официальных документов по медицинскому обеспечению рабочих химической промышленности и международных инспекторов по уничтожению химического оружия. Он явился инициатором разработки автоматизированных систем массовых осмотров рабочих опасных химических производств, участвовал в создании этих систем, организовал их использование в практической деятельности медицинской службы, за что в 1982 г. был удостоен звания лауреата Государственной премии СССР.

Профессор Ю.И. Мусийчук — автор, соавтор и редактор более 400 научных статей, 3 учебников, 65 монографий, сборников и брошюр, 7 изобретений, более 50 официальных документов по вопросам медицинского обеспечения рабочих химической промышленности и 20 экологических экспертиз. С 1970 по 1996 г. он являлся членом редколлегии и главным редактором журнала «Бюллетень гигиены, токсикологии и профпатологии ракетных топлив», с 1991 по 1997 г. — членом редколлегии журнала «Медицина труда и промышленная экология». С 2004 г. и до последних дней своей жизни он проводил титаническую работу по подготовке и выпуску справочника «Вредные вещества в окружающей среде» (СПб: НПО «Профессионал», 2004-2017), Им подготовлено большое число практикующих врачей и руководителей здравоохранения, под его научным руководством выполнено и защищено 3 докторских и 12 кандидатских диссертаций. За многолетнюю плодотворную деятельность он награжден орденом «Знак Почета» и несколькими медалями.

Ученики, коллеги и соратники Юрия Ивановича Мусийчука скорбят о невозможной утрате. Память об этом выдающемся ученом и замечательном человеке навсегда останется в наших сердцах.

Ассоциация врачей и специалистов медицины труда, Всероссийская общественная организация токсикологов,

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда и промышленной экологии им. академика Н.Ф. Измерова», Редакция журнала «Медицина труда и промышленная экология»

**Ефимова Н.В., Рукавишников В.С.** Условия труда и заболеваемость работающего населения Сибирского федерального округа

**Казакова П.В., Дьякович М.П., Мещачкова Н.М.** Гигиенические и социально-психологические аспекты качества жизни пострадавших от хронической обструктивной болезни легких

**Дьякович М.П., Казакова П.В., Русанова Д.В., Кулешова М.В., Купцова Н.Г., Шевченко О.И., Катаманова Е.В., Донская О.Г., Джафарова О.А.** Биоуправление в реабилитации пациентов с профессиональными заболеваниями

**Русанова Д.В., Казакова П.В., Кулешова М.В., Катаманова Е.В., Купцова Н.Г., Тихонова И.В., Лахман О.А., Панков В.А.** Применение импульсной магнитной стимуляции в восстановительной терапии пациентов с профессиональными заболеваниями

**Наумова О.В., Кудяева И.В., Маснавиева Л.Б., Катаманова Е.В.** Дисфункция эндотелия как патогенетический фактор токсической энцефалопатии при хроническом воздействии ртути

**Рукавишников В.С., Соседова Л.М., Вокина В.А., Титов Е.А., Новиков М.А., Якимова Н.Л.** Оценка нейротоксичности нанометаллов, инкапсулированных на матрице арабиногалактан

**Панков В.А., Кулешова М.В., Шаяхметов С.Ф., Лахман О.А., Бошкин Г.В.** Гигиеническая оценка условий труда и состояние здоровья летного состава гражданской авиации

**Кудяева И.В., Дьякович О.А., Маснавиева Л.Б., Дьякович М.П., Шаяхметов С.Ф.** Прогнозирование значений индекса атерогенности у работающих при воздействии ртути

**Черняк Ю.И., Шевченко О.И., Лахман О.А.** Полиморфные локусы HSPA1 генов и биологический возраст у лиц, подвергшихся хроническому воздействию паров ртути

**Мещачкова Н.М., Лемешевская Е.П., Шаяхметов С.Ф., Журба О.М.** Гигиенический мониторинг основных неблагоприятных факторов в производствах винилхлорида и поливинилхлорида в Восточной Сибири

**Бодиенкова Г.М., Курчевенко С.И.** Оценка иммунологических показателей у лиц, подверженных воздействию локальной вибрации

**Лисецкая А.Г., Шаяхметов С.Ф., Меринов А.В.** Гранулометрический и морфологический анализ взвешенных частиц в воздухе алюминиевого производства

**Бухтияров И.В., Денисов Э.И.** Цифровая экономика: система автоматизированного управления условиями труда, факторами риска и развитие информационной гигиены

**Шипилов И.В., Беляева Ю.С., Бетехтина В.А., Воронин В.Н., Ладик Е.А.** Опыт внедрения программы «здоровое питание» в систему профилактических мероприятий крупнейшей угольной компании

## НЕКРОЛОГ

Памяти Юрия Ивановича Мусийчука

**Efimova N.V., Rukavishnikov V.S.** Work conditions and morbidity of working population in Siberian Federal District

**Kazakova P.V., Dyakovich M.P., Meshchakova N.M.** Hygienic and social psychologic aspects of life quality of patients having occupational chronic obstructive lung disease

**Dyakovich M.P., Kazakova P.V., Rusanova D.V., Kuleshova M.V., Kuptsova N.G., Shevchenko O.I., Katamanova E.V., Donskaya O.G., Dzhafarova O.A.** Biofeedback in rehabilitation of patients with occupational diseases

**Rusanova D.V., Kazakova P.V., Kuleshova M.V., Katamanova E.V., Kuptsova N.G., Tikhonova I.V., Lakhman O.L., Pankov V.A.** Use of impulse magnetic stimulation in medical rehabilitation for patients with occupational diseases

**Naumova O.V., Kudaeva I.V., Masnavieva L.B., Katamanova E.V.** Endothelial dysfunction as a pathogenetic factor of toxic encephalopathy in chronic exposure to mercury

**Rukavishnikov V.S., Sosedova L.M., Vokina V.A., Titov E.A., Novikov M.A., Yakimova N.L.** Evaluating neurotoxicity of nanometals incorporated on arabinogalactan matrix

**Pankov V.A., Kuleshova M.V., Shayakhmetov S.F., Lakhman O.L., Bozhkin G.V.** Hygienic evaluation of work conditions and health state in civil aviation pilots

**Kudaeva I.V., Dyakovich O.A., Masnavieva L.B., Dyakovich M.P., Shayakhmetov S.F.** Forecasting of atherogeneity indexes in workers under exposure to mercury

**Chernyak Yu.I., Shevchenko O.I., Lakhman O.L.** Polymorph loci HSPA1 of genes, and biologic age in individuals with chronic exposure to mercury vapors

**Meshchakova N.M., Lemeshevskaya E.P., Shayakhmetov S.F., Zhurba O.M.** Hygienic monitoring of major hazards in vinyl chloride and polyvinyl chloride production in East Siberia

**Bodienkova G.M., Kurchevenco S.I.** Evaluation of immunologic parameters in individuals exposed to local vibration

**Lisetskaya L.G., Shayakhmetov S.F., Merinov A.V.** Granulometric and morphologic analysis of suspended particles in air of aluminium production

**Bukhtiyarov I.V., Denisov E.I.** Digital economics: system of automatized management of work conditions, risk factors and development of information hygiene

**Shipilov I.V., Belyaeva Yu.S., Betekhtina V.A., Voronin V.N., Ladik E.A.** «Healthy nutrition» program implementation into system of preventive measures in major coal company

## OBITUARY

To the memory of Yuriy Ivanovich Musijchuk