

УДК 613.63:665.71:66.013-05

**ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА РАБОЧИХ  
НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ КОМПЛЕКСНОМ  
ДЕЙСТВИИ ХИМИЧЕСКОГО ФАКТОРА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ**

*С.В. Мовергос, Н.П. Сетко, Е.В. Булычева*

Условия труда рабочих нефтехимического предприятия характеризовались воздействием комплекса химических веществ, превышающих предельно допустимые концентрации по аммиаку и диоксиду азота на рабочих местах операторов в 1,3 и 2 раза, у машинистов – в 1,2 раза и 2,5 раза, действие которых привело к изменению микроэлементного баланса в организме рабочих. При действии химического фактора у рабочих нефтехимического предприятия установлен дисбаланс в микроэлементном составе, о чем свидетельствует снижение содержания относительно данных группы сравнения висмута, никеля, кобальта, меди, марганца и хрома от 1,2 до 6,1 раза, у операторов – от 1,3 до 6,4 раза – у машинистов. Установлено, что химические воздействия веществ в воздухе рабочей зоны операторов и машинистов приводит к дисбалансу микроэлементов, который усиливался в зависимости от стажа работы.

*Ключевые слова:* микроэлементы; организм рабочего; нефтехимическое производство.

**ӨНДҮРҮШ ЧӨЙРӨСҮНҮН ХИМИЯЛЫК ФАКТОРУНУН КОМПЛЕКСТҮҮ  
ТААСИРИНДЕГИ НЕФТЕХИМИЯЛЫК ИШКАНАНЫН ЖУМУШЧУЛАРЫНЫН  
ЭЛЕМЕНТТҮҮ СТАТУСУНУН ӨЗГӨЧӨЛҮКТӨРҮ**

Нефтехимиялык ишканалардын кызматкерлеринин эмгек шарттары химиялык заттардын комплексинин таасири менен мүнөздөлөт, төмөнкү иш орундарында азот диоксиди жана аммиактын концентрациясы максималдуу жол берилгенден ашып кетет: операторлордо – 1,3 же 2 эсе; машинисттерде – 1,2 же 2,5 эсе; бул кызматкерлердин организминде микроэлементтик баластын өзгөрүүсүнө алып келди. Нефтехимиялык компаниянын кызматкерлерине химиялык фактордун таасиринде микроэлементтик курамында дисбаланс аныкталды, мунун өзү операторлордо 1,2–6,1 эсе жана машинисттерде 1,3–6,4 эсе висмут, никель, кобальт, жез, марганец жана хром заттарынын азайып кетиши менен мүнөздөлөт. Операторлордун жана машинисттердин иш зонасындагы абанын химиялык таасири иш тажрыйбасына жараша күчөгөн микроэлементтердин дисбалансына алып келет.

*Түйүндүү сөздөр:* микроэлементтер; жумушчунун организми; нефтехимиялык өндүрүш.

**FEATURES OF THE ELEMENTAL STATUS OF WORKING  
PETROCHEMICAL COMPLEXES UNDER THE INTEGRATED ACTION  
OF THE CHEMICAL FACTOR OF THE PRODUCTION ENVIRONMENT**

*S. V. Movergos, N. P. Setko, E. V. Bulychева*

Working conditions of workers of the petrochemical enterprises were characterized by the influence of a complex of chemical substances exceeding the maximum permissible concentration of ammonia and nitrogen dioxide at the operator's workstations by 1,3 and 2 times; engineers - by 1,2 times and 2,5 times; the effect of which led to a change in the microelement balance in organism of workers. Under the influence of the chemical factor, workers in the petrochemical enterprises have an imbalance in the trace element composition, as evidenced by a decrease in the content of bismuth, nickel, cobalt, copper, manganese and chromium compared to the comparison group from 1.2 times to 6.1 times for operators and from 1.3 times up to 6.4 times for the machinists. It was established that the chemical effects of substances in the air of the operator's and machinists' work area and the lead to an imbalance of microelements, which has been intensified depending on the length of service.

*Keywords:* microelements; worker's organism; petrochemical enterprise.

**Актуальность.** Рабочие нефтехимических предприятий подвергаются неблагоприятному воздействию комплекса химических веществ, представляющих собой смесь продуктов переработки и химического синтеза нефти [1]. Исследование кинетики указанных соединений показало, что вследствие высокой липофильности наблюдается интенсивное их накопление в тканях, богатых липоидами, а высокая возможность проникновения через мембраны клеток и гематоэнцефалический барьер является ключевым фактором в развитии нарушений на клеточном, тканевом и органном уровне [2, 3]. Изменение функций органов системы детоксикации ксенобиотиков и усиление окислительных процессов в органах и тканях, индуцируемых вредными химическими веществами, может способствовать значительным изменениям в обмене и балансе микроэлементов на клеточном, тканевом и организменном уровне [4–7]. Отсутствие исследований, подтверждающих факт изменения элементного статуса лиц, профессионально связанных с вредным нефтехимическим производством, существенно ограничивает возможность использовать данные элементного баланса рабочих как критерий донозологической диагностики состояния здоровья [8]. При этом важным моментом является выбор подходящего для этих целей метода исследования, в котором в настоящее время наиболее информативным признан анализ минерального состава волос, отражающий элементный статус организма в целом [9]. В связи с этим выявление и оценка баланса микроэлементов с целью последующей коррекции позволяет подойти к решению ряда вопросов, связанных с состоянием здоровья рабочих, существенно влияющих на их профессиональные качества.

Цель исследования – определить особенности элементного статуса рабочих нефтехимического предприятия при комплексном действии химического фактора производственной среды.

**Материал и методы исследования.** Содержание химических веществ в воздухе рабочей зоны определялось на основании ГОСТа 12.1.005-88 “Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”. Результаты оценивали путем сопоставления 9 химических веществ с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), опубликованными в гигиенических нормативах ГН 2.2.5.1314-03 “Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны”.

У 27 операторов и 29 машинистов было проведено исследование элементного состава волос по содержанию 9 химических элементов – свинца, кадмия, висмута, никеля, кобальта, меди, железа,

марганца, хрома и цинка. Для этого у рабочих с затылочной зоны были отобраны образцы волос в соответствии с МУК 4.1.1482-03 и МУК 4.1.1483-03 и проведен элементный анализ с помощью метода атомно-адсорбционной спектрофотометрии в аккредитованной лаборатории ФГБОУ ВО ОрГМУ Минздрава России (лицензия ААА № 002486). Полученные результаты содержания элементов в организме рабочих сравнивались с уровнями содержания химических элементов в волосах взрослых в возрасте 25–50 лет, не работающих на нефтехимическом предприятии и не контактирующих с тяжёлыми металлами в процессе трудовой деятельности [10].

Математическая обработка полученных результатов проводилась с помощью программных пакетов Microsoft Exelext XP и Statistica с использованием методов параметрической статистики [11].

**Результаты исследования.** Анализ данных, представленных в таблице 1, свидетельствует о том, что воздух рабочей зоны операторов и машинистов был загрязнен комплексом химических веществ, таких как углеводороды, этилен, окись этилена, полиэтилен, этиленгликоль, аммиак, оксид углерода, диоксид азота, сероводород. При этом, в воздухе рабочей зоны у операторов установлено превышение ПДК в 1,3 раза по аммиаку и в 2 раза по диоксиду азота; а у машинистов, соответственно, в 1,2 и 2,5 раза. Концентрации остальных химических веществ не превышали гигиенических нормативов.

Для веществ с односторонним действием на организм рабочих и одновременным содержанием в воздухе рабочей зоны, какими являются этилен, окись этилена, полиэтилен, этиленгликоль, углеводороды, рассчитан индекс загрязнения воздуха рабочей зоны. Установлено, что этот показатель превышал нормируемую величину у операторов в 4,2 раза, а у машинистов – в 4,4 раза и в среднем составлял, соответственно, 4,17 и 4,38 ед.

Действие комплекса химических веществ привело к изменению баланса условно эссенциальных и эссенциальных элементов в организме, как у операторов, так и у машинистов (таблица 2). Так, у операторов относительно данных группы сравнения выявлено пониженное содержание в 4,5 раза никеля; в 1,2 раза – висмута; в 1,5 раза – кобальта; в 6,1 раза – меди; в 1,4 раза – марганца; в 2,5 раза – хрома; а у машинистов снижение определено в 5,5 раза по никелю, в 1,3 раза – по висмуту; в 6,4 раза – по меди; в 1,3 раза – по марганцу; в 1,9 раза – по хрому. При сравнительном анализе данных содержания этих микроэлементов между профессиональными группами у машинистов

Таблица 1 – Показатели загрязнения воздуха рабочей зоны операторов, машинистов

Профессия	Наименование химических веществ	Концентрации химических веществ (мг/м <sup>3</sup> )	
		среднесменные	максимально разовые
Оператор	Углеводороды	168,5 ± 23,50	256,0 ± 36,20
	Этилен	48,5 ± 4,60	92,5 ± 12,40
	Окись этилена	0,5 ± 0,02	0,9 ± 0,02
	Полиэтилен	4,5 ± 0,20	8,0 ± 0,64
	Этиленгликоль	1,0 ± 0,03	2,0 ± 0,36
	Аммиак	7,5 ± 0,40	22,5 ± 1,20
	Оксид углерода	4,5 ± 0,25	15,0 ± 1,14
	Диоксид азота	2,5 ± 0,10	4,0 ± 0,64
	Сероводород	1,0 ± 0,20	2,5 ± 0,32
Машинист	Углеводороды	176,5 ± 18,60	264,6 ± 36,50
	Этилен	41,5 ± 6,40	84,5 ± 10,20
	Окись этилена	0,5 ± 0,30	0,8 ± 0,06
	Полиэтилен	4,0 ± 0,62	8,5 ± 0,96
	Этиленгликоль	2,5 ± 0,20	3,0 ± 0,12
	Аммиак	15,0 ± 0,35	24,5 ± 4,60
	Оксид углерода	10,5 ± 0,64	18,5 ± 2,80
	Диоксид азота	3,0 ± 0,32	4,8 ± 0,96
	Сероводород	2,0 ± 0,21	2,7 ± 0,34

установлено превышение кобальта в 1,5 раза и хрома – в 1,3 раза, чем у операторов.

На фоне изменений баланса эссенциальных и условно эссенциальных микроэлементов в организме рабочих содержание токсичных и потенциально токсичных микроэлементов не превышало среднестатистические значения данной группы сравнения и составили по свинцу  $0,16 \pm 0,03$  мг/кг у операторов и  $0,33 \pm 0,02$  мг/кг – у машинистов; содержание кадмия, соответственно,  $0,03 \pm 0,01$  мг/кг и  $0,02 \pm 0,01$  мг/кг (см. таблицу 2). При этом в волосах машинистов содержания свинца установлено в 1,2 раза больше, чем у операторов.

Установлены особенности изменения баланса микроэлементов у рабочих в зависимости от стажа работы и времени воздействия химического фактора (таблица 3). Так, с увеличением трудового стажа у операторов отмечалось достоверное увеличение концентрации меди в 1,3 раза ( $0,63 \pm 0,07$  мг/кг до  $0,83 \pm 0,101$  мг/кг;  $p \leq 0,05$ ) и снижение содержания никеля в 1,4 раза ( $0,21 \pm 0,05$  мг/кг до  $0,15 \pm 0,031$  мг/кг;  $p \leq 0,05$ ); кобальта в 2,8 раза ( $0,23 \pm 0,09$  мг/кг до  $0,08 \pm 0,04$  мг/кг;  $p \leq 0,05$ ); железа в 1,6 раза ( $103,6 \pm 13,9$  мг/кг до  $63,5 \pm 6,5$  мг/кг;  $p \leq 0,05$ ) и хрома – в 1,5 раза ( $0,48 \pm 0,10$  мг/кг до  $0,31 \pm 0,06$  мг/кг;  $p \leq 0,05$ ) (см. таблицу 3).

У высокостажированных машинистов в сравнении с данными малоэтажированных рабочих отмечалось достоверное снижение содержания кадмия в 3 раза ( $0,03 \pm 0,01$  мг/кг до  $0,01 \pm 0,001$  мг/кг;  $p \leq 0,05$ ); кобальта в 1,8 раза ( $0,26 \pm 0,13$  мг/кг до  $0,14 \pm 0,10$  мг/кг;  $p \leq 0,05$ ) и железа – в 1,2 раза ( $105,3 \pm 12,5$  мг/кг до  $85,7 \pm 12,9$  мг/кг;  $p \leq 0,05$ ).

Особенности изменений микроэлементного состава волос в каждой профессиональной группе с увеличением трудового стажа привели к различиям в содержании микроэлементов у высокостажированных рабочих сравниваемых профессиональных групп, что подтверждается увеличением у высокостажированных машинистов по сравнению с данными высокостажированных операторов содержания эссенциальных микроэлементов в 1,8 раза по кобальту, в 1,3 раза – по железу и в 1,9 раза – по хрому. Вероятно, это связано с усилением окислительных процессов в организме машинистов при действии комплекса химических веществ на рабочих местах, в результате которого возникает необходимость в высокой оксигенации органов, участвующих в детоксикации ксенобиотиков, где ключевую роль играет геминное железо; высокой потребности и интенсивном накоплении хрома, участвующего в процессах регенерации при

Таблица 2 – Содержание химических элементов в волосах рабочих основных профессий нефтехимического предприятия (в мг/кг)

Химический элемент	Группа сравнения	Профессиональные группы	
		операторы	машинисты
<i>Условно эссенциальные микроэлементы</i>			
Висмут	0,26 ± 0,06	0,22 ± 0,04 <sup>1</sup>	0,23 ± 0,03 <sup>1</sup>
Никель	0,77 ± 0,07	0,17 ± 0,03 <sup>1</sup>	0,14 ± 0,02 <sup>1</sup>
<i>Эссенциальные микроэлементы</i>			
Кобальт	0,23 ± 0,03	0,14 ± 0,05 <sup>1</sup>	0,21 ± 0,08 <sup>2</sup>
Медь	4,44 ± 0,82	0,73 ± 0,07 <sup>1</sup>	0,69 ± 0,06 <sup>1</sup>
Железо	21,84 ± 3,72	82,03 ± 8,60	96,01 ± 8,97
Марганец	1,25 ± 0,12	0,25 ± 0,01 <sup>1</sup>	0,26 ± 0,01 <sup>1</sup>
Хром	0,98 ± 0,07	0,39 ± 0,06 <sup>1</sup>	0,52 ± 0,07 <sup>1,2</sup>
<i>Токсичные и потенциально токсичные микроэлементы</i>			
Свинец	0,37 ± 0,09	0,16 ± 0,02 <sup>1</sup>	0,33 ± 0,03 <sup>2</sup>
Кадмий	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,004

Примечание. <sup>1</sup> –  $p \leq 0,05$  при сравнении с данными группы сравнения; <sup>2</sup> –  $p \leq 0,05$  при сравнении данных рабочих двух профессиональных групп.

Таблица 3 – Содержание химических элементов в волосах рабочих основных профессий нефтехимического предприятия в зависимости от стажа работы (в мг/кг)

Химический элемент	Операторы		Машинисты	
	мало-стажированные	высоко-стажированные	мало-стажированные	высоко-стажированные
<i>Токсичные и потенциально токсичные микроэлементы</i>				
Свинец	0,17 ± 0,04	0,15 ± 0,03	0,16 ± 0,04	0,17 ± 0,03
Кадмий	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,01 ± 0,001 <sup>1</sup>
<i>Условно эссенциальные микроэлементы</i>				
Висмут	0,19 ± 0,04	0,24 ± 0,07	0,21 ± 0,06	0,25 ± 0,07
Никель	0,21 ± 0,05	0,15 ± 0,03 <sup>1</sup>	0,13 ± 0,02	0,14 ± 0,01
<i>Эссенциальные микроэлементы</i>				
Кобальт	0,23 ± 0,09	0,08 ± 0,04 <sup>1</sup>	0,26 ± 0,13	0,14 ± 0,10 <sup>1,2</sup>
Медь	0,63 ± 0,07	0,83 ± 0,10 <sup>1</sup>	0,67 ± 0,08	0,73 ± 0,09
Железо	103,6 ± 13,9	63,5 ± 6,5 <sup>1</sup>	105,3 ± 12,5	85,7 ± 12,9 <sup>1,2</sup>
Марганец	0,25 ± 0,02	0,24 ± 0,01	0,25 ± 0,02	0,26 ± 0,01
Хром	0,48 ± 0,10	0,31 ± 0,06 <sup>1</sup>	0,47 ± 0,13	0,58 ± 0,23 <sup>2</sup>

Примечание. <sup>1</sup> –  $p \leq 0,05$  при сравнении с данными малостажированных рабочих внутри профессиональной группы; <sup>2</sup> –  $p \leq 0,05$  при сравнении данных рабочих двух профессиональных групп.

повреждении клеток, и кобальта – играющего важную функцию в кроветворении и синтезе цианкоболамина [4, 12].

#### Выводы

1. Условия труда рабочих нефтехимического предприятия характеризовались воздействием комплекса химических веществ, превышающих предельно допустимые концентрации по аммиаку и диоксиду азота на рабочих
2. Установленное химическое воздействие на рабочих местах операторов и машинистов приводило к дисбалансу микроэлементов в организме рабочих, который усиливался в зависимости

местах операторов в 1,3 и 2 раза; у машинистов – в 1,2 и 2,5 раза. Воздействие химических веществ на рабочих местах операторов и машинистов приводило к изменениям микроэлементного баланса рабочих.

от стажа работы и профессиональной принадлежности.

**Литература**

1. Аскарлова З.Ф. Анализ заболеваемости работников нефтеперерабатывающей промышленности / З.Ф. Аскарлова, Р.А. Аскарлов, Р.Н. Кильдебекова и др. // Медицинский вестник Башкортостана. 2012. № 6. С. 5–10.
2. Оруджев Р.А. Особенности токсического действия углеводородов нефти на организм человека / Р.А. Оруджев, Р.Э. Джафарова // Вестник ВГМУ. 2017. № 4. С. 8–15.
3. Фролова О.О. Патогенные изменения элементного статуса человека в условиях комплексного воздействия производственной среды / О.О. Фролова, А.В. Шакула // Вестник ОГУ. 2006. № 12. С. 287–291.
4. Агаджанян Н.А. Этюды об адаптации и путях сохранения здоровья / Н.А. Агаджанян. М.: Сирин, 2002. 156 с.
5. Антошина Л.И. Изменение биохимических, цитохимических, иммунологических показателей при действии низких уровней никеля на организм человека / Л.И. Антошина, Н.А. Павловская, Б.В. Устюшин и др. // Медицина труда и промышленная экология. 2011. № 4. С. 36–38.
6. Риш А.А. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А.А. Риш, Л.С. Строчкова. М.: Медицина, 1991. 496 с.
7. Розуван Л.Л. Анализ заболеваемости работников Кирово-Чепецкого химического комбината / Л.Л. Розуван // Вятский медицинский вестник. 2005. № 4. С. 71–73.
8. Агаджанян Н.А. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управления здоровьем нации / Н.А. Агаджанян, А.В. Скальный, В.Ю. Детков // Экология человека. 2013. № 1. С. 3–12.
9. Онищенко Г.Г. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин и др. М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. 480 с.
10. Апрелева Н.Н. Физиолого-гигиеническая характеристика условий труда и состояния здоровья рабочих предприятий вторичной переработки цветных металлов: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Н.Н. Апрелева. Оренбург, 2015. 23 с.
11. Зайцев В.М. Прикладная медицинская статистика: учеб. пособие / В.М. Зайцев, В.Г. Лифляндский, В.И. Маринкин. СПб.: Фолиант, 2006. 432 с.
12. Грабеклис А.Р. Изменения в элементном составе волос при производственном контакте с токсичными металлами / А.Р. Грабеклис, С.П. Нечипоренко, Е.В. Лакрова и др. // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2010. № 4. С. 124–131.