

УДК 613.62–056.22:669.14.018.252.2

Т.О. Халиуллин¹, Р.Р. Залялов¹, А.А. Шведова², А.Г. Ткачев³, Л.М. Фатхутдинова¹**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК**¹ГБОУ ВПО Казанский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения РФ, д. 49, ул. Бутлерова, г. Казань, Р420012²Национальный институт охраны и здоровья труда, 1095, Willowdale Road, г. Моргантаун, 26505, США³ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», д. 106, г. ул. Советская, Тамбов, Россия, 392000;

В работе показано, что при применении традиционных методов оценки условия труда на современных инновационных предприятиях-производителях наноматериалов оцениваются как безвредные и безопасные. Специальные методы исследования позволяют выявить новые факторы риска здоровью работников: результаты исследования свидетельствуют о том, что трудовая деятельность персонала предприятий по производству МУНТ сопряжена с воздействием на работающих аэрозоля МУНТ в концентрациях, превышающих рекомендованные международные уровни 1 мкг/м³ (NIOSH), что может обуславливать потенциальный вред здоровью работников.

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, гигиеническая оценка, здоровье работников, оценка рисков.

T.O. Haliullin¹, R.R. Zalyalov¹, A.A. Shvedova², A.G. Tkachov³, L.M. Fathutdinova¹. **Hygienic evaluation of multilayer carbon nanotubes**

¹Kazan State Medical University, 49, Butlerova str., Kazan, Russia, 420012²National Institute for Occupational Safety and Health, 1095, Willowdale Rd, Mailstop L2015, Morgantown, WV 26505, USA³Tambov State Technological University, 106, Sovetskaya str., Tambov, Russia, 392000

The authors demonstrate that traditional methods evaluating work conditions on contemporary innovative enterprises producing nanomaterials assess these conditions as harmless and safe. At the same time, special investigation methods enable to reveal new hazards for workers' health: the study results prove that workers engaged into multilayer carbon nanotubes production are exposed to multilayer carbon nanotubes aerosols in concentrations exceeding internationally acceptable levels of 1 µg/m³ (NIOSH) — that can harm the workers' health.

Key words: carbon nanotubes, hygienic evaluation, workers' health, risks evaluation.

Углеродная нанотрубка (УНТ) представляет собой свернутый в один или несколько слоев лист графена, который является двумерным кристаллом, состоящим из одиночного слоя атомов углерода, собранных в гексагональную решетку. В зависимости от количества структурообразующих слоев выделяют одно- и многослойные углеродные нанотрубки (ОУНТ и МУНТ).

Эти наночастицы обладают уникальными физико-химическими свойствами, поэтому спектр их возможного применения весьма широк — электроника, машиностроение, строительная отрасль, химическая промышленность, сельское хозяйство, медицина, освоение космоса.

По результатам экспериментов *in vitro* и *in vivo* появились серьезные основания предполагать наличие таких токсических эффектов как канцерогенез, развитие фиброза и аутоиммунных реакций [18,21,24,26,27,30,32].

Актуальность настоящего исследования определяется увеличением числа лиц, подверженных ингаляционному воздействию МУНТ, и недостатком информации об экспозиционных нагрузках и медико-биологических эффектах углеродных наночастиц. В мире наблюдается значительный рост предприятий, про-

изводящих и использующих готовые УНТ. Динамика мирового рынка позволяет прогнозировать рост с \$1,6 млрд в 2010 до \$3,3 млрд в 2016 г. со среднегодовым темпом 12,4% [13]. В России существует несколько малых предприятий-производителей МУНТ — в Тамбове, во Владимире, Новосибирске, Казани, Калининграде и их число будет увеличиваться в связи с ростом спроса на продукцию.

Несмотря на рост производства и потребления УНТ, на сегодняшний день все еще не решены вопросы их количественной оценки в воздухе рабочей зоны, т. к. обычные гравиметрические методики малоприменимы. Как следствие, сведений о реальных производственных экспозициях крайне мало [16,25], а по российским производствам этих данных нет. Отсутствуют опережающие данные по оценке рисков здоровью работников.

Целью исследования явилась оценка условий труда и потенциальных рисков здоровью работников, занятых на одном из ведущих российских предприятий по производству МУНТ.

Материал и методы. В ходе изучения технологического процесса производства МУНТ была проанализирована техническая документация, опрошен

инженерно-технический персонал, проведены хронометражные наблюдения.

Отбор проб воздуха для определения массовой концентрации аэрозоля твердых частиц в воздухе согласно МУК 4.1.2468–09 [2,4] не позволял оценить вклад МУНТ в общую массу взвешенных частиц и не мог быть применен в данном исследовании.

В качестве метода оценки содержания МУНТ в воздухе было выбрано определение количества элементного углерода в отобранных пробах воздуха с помощью термооптического анализа [15] (признанный в настоящее время метод выбора), с предварительной идентификацией наночастиц методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ).

Отбор проб воздуха производился в зоне дыхания работника на различных участках технологического процесса: во время выгрузки готового продукта из реактора, в процессе дезинтеграции продукта на механической электромельнице, на фасовочном участке в процессе упаковки продукта и в лабораторном помещении, где велось исследование навесок МУНТ. Отбор контрольной пробы в цехе проводился в выходной день при выключенном производственном оборудовании. Для учета фоновых концентраций в схему отбора дополнительно были включены контрольные точки, расположенные в «чистом» помещении (комната отдыха работников) и на улице. Было исключено нахождение поблизости от точек отбора работающих устройств с двигателями внутреннего и внешнего сгорания, открытого пламени, курящих людей. Для идентификации частиц к отобранным пробам прилагалась навеска продукта, взятая на данном этапе технологического процесса.

В качестве фильтродержателей использовались сборные пластиковые кассеты (SKC inc., США). Отбор проводился синхронно на высококачественные кварцевые фильтры диаметром 25 мм (для термооптического анализа) и фильтры из смешанных эфиров целлюлозы (СЭЦ) диаметром 37 мм с диаметром пор 0,8 мкм (для ПЭМ-анализа). Использование открытых фильтров и ручная сборка кассет создают условия как для потери части отобранного материала в случае механических воздействий и утечек, так и для побочного загрязнения, не связанного с конкретным рабочим местом. Поэтому, по договоренности с производителем кассет, осуществлялась заводская установка фильтров в кассеты с последующей герметизацией и окаймлением стыковой зоны эластичной пленкой во избежание протечек воздуха. В качестве устройства для отбора проб воздуха использовались переносной пробоотборник ПУ–4Э. Всего на кварцевые фильтры было отобрано 10 проб воздуха — по 5 отборов с циклоном для оценки респираторной фракции и без циклона для вдыхаемой фракции; на СЭЦ-фильтры — 6 проб, включая чистую комнату и отбор в нерабочее время. Через каждый кварцевый фильтр было пропущено не менее 210 л воздуха при скорости отбора 2–4 л/мин, и не менее 400 л воздуха со скоростью 7–16 л/мин — через СЭЦ-фильтры.

Кроме содержания МУНТ в воздухе рабочей зоны оценивались уровни других факторов рабочей среды и трудового процесса. Освещенность рабочей поверхности измерялась согласно методике [6] с помощью люксметра-пульсметра «Аргус-07». Уровни звукового давления оценивались с помощью интегрирующего шумомера 1-го класса точности «Октава 101А» [1]. Параметры микроклимата определялись с применением ТКА-ПКМ и Testo–425 [5]. Оценка тяжести и напряженности труда осуществлялась в соответствии с Руководством Р. 2.2.2006–05.

В дополнение к традиционным гигиеническим методам использовались две методики оценки производственных рисков, основанные на применении специализированных международных контрольных листов (чек-листов). Для оценки условий труда и уровня безопасности предприятия и рабочих мест использовалась финская система Elmeri [7], включающая контрольный лист, заполняемый исследователем, с последующим расчетом индекса Elmeri. Оценка рисков здоровью работников на производстве проводилась также по методике Европейского агентства по охране труда, в основе которой лежит структурированный вопросник для оценки профессиональных рисков, относящихся к технологическому процессу, эргономике, планировке, безопасности оборудования и производственной среде [14].

Результаты исследования и их обсуждение. Непосредственно в цехе работают аппаратчик и ведущий специалист по эксплуатации оборудования. Синтез МУНТ на предприятии осуществляется методом каталитического осаждения углеводородов на катализаторах в условиях высокой температуры. Смесь углеводородов подается в реактор, где уже находится необходимое количество катализатора, и нагревается до 800 °С. Через 2–3 ч, в зависимости от требуемых условий; синтез останавливается, продукт извлекают через 6–8 ч. после достаточного охлаждения. Сбор продукта из реактора происходит вручную, с помощью малярной кисти и совка. Работники предприятия используют респираторы 3-го класса защиты и резиновые перчатки. Собранный в контейнер продукт переносится на участок дезинтеграции, где измельчается. Работник вручную засыпает собранные МУНТ в приемное отверстие, что сопровождается видимой аэрозолизацией вещества. Измельченный продукт попадает в другой контейнер, откуда направляется в лабораторию или на участок фасовки.

В ходе гигиенической оценки рабочих мест были выявлены основные участки производственного процесса, на которых имелась возможность контакта работников с аэрозолированными МУНТ: выгрузка/сбор синтезированных МУНТ из реактора; механическая дезинтеграция на электромельнице; упаковка и фасовка готового продукта; работа с МУНТ в условиях лаборатории.

В табл. 1 приведены физико-химические характеристики МУНТ, предоставленные производителем.

Таблица 1
Характеристики МУНТ, предоставленные производителем

Физико-химические характеристики	МУНТ
Наружный диаметр, нм	8–15
Внутренний диаметр, нм	4–8
Длина, мкм	2 и более
Общий объем примесей, %	до 5
Насыпная плотность, г/см ³	0,03–0,05
Удельная геометрическая поверхность, м ² /г	300–320
Термостабильность, °С	До 600

Просвечивающая электронная микроскопия позволила визуализировать отдельные волокна и агломераты МУНТ в пробах и определить их морфологические характеристики (рис. 1А, 1Б). Обнаружено, что рекомендованный МР 1.2.2639–10 подсчет количества индивидуальных МУНТ, отобранных из воздуха на дистиллированную воду [3], трудно применим, т. к. те присутствуют в воздухе в виде агломератов размером 0,5–10 мкм. Обнаруженные в нашем исследовании концентрации МУНТ в воздухе рабочей зоны превосходят рекомендуемый Национальным институтом охраны и медицины труда (NIOSH) [29] норматив в 1 мкг/м³ для средневзвешенной за 8-часовой период концентрации (табл. 2.).

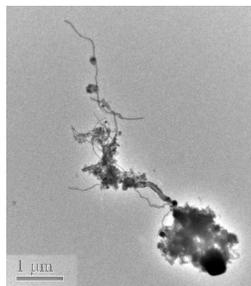


Рис. 1а

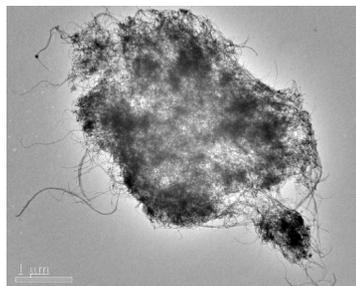


Рис. 1б

Рис. 1 А — Агломерат МУНТ в воздухе рабочей зоны. Проба воздуха, отобранная на участке сбора продукта из реактора. ПЭМ-изображение, увеличение в 10 тыс. раз.

Рис. 1 Б — Агломерат МУНТ в воздухе рабочей зоны. Проба воздуха, отобранная на участке дезинтеграции. ПЭМ-изображение, увеличение в 10 тыс. раз.

Данные, опубликованные исследовательскими коллективами из США [16,17,25] и Швеции [19], согласуются с результатами нашего исследования. Средневзвешенные концентрации аэрозоля МУНТ в воздухе при производстве и обработке готового продукта варьировали в диапазоне 0,5 мкг/м³ [25] — 7,4 мкг/м³ [19] — 10,6 мкг/м³ [17] на различных участках предприятий.

Ранее в исследованиях токсических эффектов МУНТ на культурах клеток и у животных была показана возможность развития фиброза в отдаленной перспективе [12,20,24,31]. Таким образом, работники предприятия имеют потенциальный риск развития неблагоприятных эффектов от воздействия МУНТ.

Таблица 2
Содержание элементного углерода в пробах воздуха рабочей зоны на различных этапах технологического процесса

Этапы технологического процесса	Циклон	К разовая, мкг/м ³	К средневзвешенная за 8-часовой период, мкг/м ³
Сбор продукта	+	32,59	6,11
	–	157,77	29,60
Дезинтеграция продукта	+	10,83	2,03
	–	10,92	2,05
Упаковка продукта	+	14,15	2,65
	–	134,85	25,30
Работа в лаборатории	+	2,87	0,54
	–	3,78	0,71

В цехе используется система общего искусственного освещения люминесцентными лампами; естественное освещение двустороннее боковое. Объектами различия являлись шкалы приборов контроля реакторной установки; зрительные работы аппаратчика и ведущего специалиста по эксплуатации оборудования были отнесены к разряду IVг. Уровни освещенности от системы общего освещения составили 423 лк при нормативных значениях 200 лк [10]. КЕО, определенный в центре помещения участка, составил 1,4% при норме 1,5%.

Замеры микроклимата были проведены на рабочих местах аппаратчика и специалиста по эксплуатации оборудования в помещении цеха в теплый период года при наружной температуре +22 °С. Нормативы параметров микроклимата были взяты для категории работ Па. Показатели микроклимата соответствовали классу условий труда 2 (допустимый).

Эквивалентный уровень звука на рабочем месте аппаратчика составил 61 дБА при ПДУ 75 дБА [9], что соответствует допустимому классу условий труда. Источниками шума являются система вентиляции и установка дезинтеграции продукта. Кроме того, определенный вклад вносит заводской автотранспорт.

Работа аппаратчика и специалиста по эксплуатации оборудования сопровождается подъемом тяжестей массой до 4-х кг, нахождением в неудобной рабочей позе с подъемом рук выше уровня плеч до 25% смены, выполнением различных операций в позе стоя и сидя. Интегральная оценка тяжести трудового процесса показала, что условия труда являются допустимыми. По показателю напряженности трудового процесса рабочее место аппаратчика было отнесено к классу 1 (оптимальный), рабочее место специалиста по эксплуатации оборудования — к классу 2 (допустимый).

Индекс Elтегі на предприятии составил 88,5%. В отраслях с высоким уровнем травматизма (механообработка, металлургия) значения индекса варьируются в диапазоне 52–80% и тесно коррелируют с числом случаев производственного травматизма [22]. Таким образом, результаты свидетельствуют о высоком уровне безопасности на исследуемом предприятии.

В соответствии с методикой Европейского агентства по охране труда, на предприятии идентифицирован ряд опасностей, для которых риск был оценен как умеренный, но приемлемый: сосуды под давлением; электрооборудование; открытый огонь; взрывы; вредные химические вещества и пыль.

Таким образом, условия труда на современных инновационных предприятиях-производителях наноматериалов с помощью традиционных методов гигиенической оценки могут быть оценены как безвредные и безопасные. Использование специальных методов исследования позволяет выявить новые факторы риска здоровью работников (например, искусственные наночастицы в воздухе рабочей зоны). Последнее обстоятельство обуславливает необходимость изменения традиционных подходов с учетом специфики инновационных производств.

По итогам оценки условий труда для предприятий-производителей МУНТ были предложены следующие рекомендации. В условиях выявленного контакта с аэрозолями МУНТ на рабочих местах рекомендовано применение общеобменной приточно-вытяжной вентиляции с НЕРА-фильтрацией и локальных вытяжных устройств с НЕРА-фильтрами. Необходима организация отдельных закрытых помещений для реакторов синтеза МУНТ. Фасовка и упаковка продукта должны осуществляться в отдельном помещении с использованием вытяжного шкафа или стенда с ламинарным нисходящим потоком. Результаты исследований NIOSH, проведенных в 2011 г. [23], свидетельствуют, что подобные меры способны существенно снизить концентрацию респираторной фракции аэрозоля углеродных нанотрубок в воздухе.

Было предложено внести в инструкции по охране труда для специалистов, работающих на участке нанотехнологий, рекомендации по работе с пылящим оборудованием, использованию передвижных вентиляционных установок, правила использования СИЗ.

Отдельного обсуждения заслуживает вопрос медицинского обеспечения работающих в контакте с МУНТ. Контакт с аэрозолями углеродных нанотрубок в воздухе рабочей зоны не отражен в виде отдельного пункта в действующей редакции приказа №302н [8]. В то же время имеются пункты 1.3.4.10 «Угле- и органопластики, углеродные волокнистые материалы» и 1.1.4.6.1. «Антрацит и другие ископаемые угли и углеродные пыли». Определение перечня специалистов в ходе медицинских осмотров и противопоказаний для работ с МУНТ с учетом только химического состава идет вразрез с имеющимися сведениями о различии в механизмах и типах действия химических веществ в микро- и нанодиапазонах [11,28]. Основываясь на результатах проведенных исследований [12], следует рекомендовать включение в «Перечень вредных и (или) опасных производственных факторов, при наличии которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры» отдельного пункта «Углеродные нанотрубки» периодичностью медицинского осмотра 1 раз в год, с участием отори-

ноларинголога, дерматовенеролога, онколога, аллерголога, проведением спирометрии, рентгенографии и биохимических анализов содержания маркеров фиброза (TGF- β , остеокальцин) в сыворотке крови и индуцированной мокроте.

В настоящее время на предприятии ведется реконструкция цеха участка нанотехнологий. Запланировано повторное исследование условий труда с оценкой эффективности применения инженерно-технических мер и результатов мероприятий по снижению рисков. Внедрение инженерно-технических решений на предприятии и системы профилактических мероприятий позволит улучшить условия труда на современных предприятиях-производителях МУНТ.

Выводы. 1. Трудовая деятельность персонала предприятий по производству МУНТ сопряжена с воздействием на работающих аэрозолей многослойных углеродных нанотрубок в концентрациях, превышающих рекомендованные международные уровни, что повышает риск здоровью работников. 2. Несмотря на то, что условия труда по факторам шума, микроклимата, световой среды, тяжести и напряженности труда на предприятии-производителе МУНТ согласно Р. 2.2.2006–05 оценены как безвредные (безопасные), риски здоровью могут быть обусловлены наличием аэрозолей нанотрубок, а также таких опасностей как электрооборудование, сосуды под давлением и открытый огонь. 3. Современные инновационные производства требуют особого подхода к оценке условий труда и профессиональных рисков. Существующая нормативно-методическая база и инструменты (как отечественные, так и зарубежные) зачастую не позволяют выявить риски здоровью и оценить их количественные характеристики. 4. Предварительные и периодические медосмотры на предприятиях нанотехнологий должны осуществляться с учетом физико-химических особенностей наночастиц, включая применение специальных методов исследования, исходя из современного уровня знаний о механизмах токсичности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (см. REFERENCES стр. 15–32)

- ГОСТ 12.1.050–86 ССБТ. Методы измерения шума на рабочих местах. [Электронный ресурс] Доступ из справ.-правовой системы «ГАРАНТ»
- ГОСТ Р 54578–2011 Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия. [Электронный ресурс] Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
- МР 1.2.2639–10. Использование методов количественного определения наноматериалов на предприятиях нанотехнологий. [Электронный ресурс] Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
- МУК 4.1.2468–09 Измерение массовых концентраций пыли в воздухе рабочей зоны предприятий горнорудной и нерудной промышленности. [Электронный ресурс] Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
- МУК 4.3.2755–10 Методические указания по измерению и оценке микроклимата производственных помещений.

[Электронный ресурс] Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

6. МУК 4.3.2812–10 Инструментальный контроль и оценка освещения рабочих мест. [Электронный ресурс] Доступ из справ.-правовой системы «Гарант»

7. Пособие по наблюдению за условиями труда на рабочем месте в промышленности «Elmeri». Институт профессионального здравоохранения Финляндии. Управление по охране труда при Министерстве социального обеспечения и здравоохранения Финляндии. — Хельсинки, 2000 г.

8. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 12 апреля 2011 г. № 302н г. Москва. [Электронный ресурс] Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

9. СН 2.2.4/2.1.8.562–96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. [Электронный ресурс] Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

10. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23–05–95*. [Электронный ресурс] Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

11. Фатхутдинова Л.М., Залялов Р.Р., Халиуллин Т.О. // Казанский мед. ж-л. — 2009. — Т.ХС. — №4. — С. 578–584.

12. Халиуллин Т.О., Залялов Р.Р., Фатхутдинова Л.М. и др. // Токсиколог. вестн. — 2013. — №4. — С. 17–21.

13. [Электронный ресурс] URL: <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/carbon-nanotubes-139.html> (дата обращения 01.07.2014).

14. [Электронный ресурс] URL: https://osha.europa.eu/en/publications/promotional_material/rat-essentials (дата обращения 01.07.2014).

REFERENCES

1. GOST 12.1.050–86 SSBT. Methods to measure noise on workplaces. Electronic resource. Access from informational legislation system «Garant» (in Russian)/

2. GOST R 54578–2011 Workplace air. Aerosols with mostly fibrogenic effect. General principles of hygienic control and action assessment. Electronic resource. Access from informational legislation system «Garant» (in Russian).

3. MR 1.2.2639–10. Usage of quantitative methods to assess nanomaterials on nanoindustry enterprises. Electronic resource. Access from informational legislation system «Garant» (in Russian).

4. МУК 4.1.2468–09 Measurement of mass concentrations of dust in workplace air of mining and nonmining enterprises. Electronic resource. Access from informational legislation system «Garant» (in Russian).

5. МУК 4.3.2755–10 Methodic instructions to measure and evaluation of microclimate in industrial chambers. Electronic resource. Access from informational legislation system «Garant» (in Russian).

6. МУК 4.3.2812–10 Instrumental control and evaluation of workplace illumination. Electronic resource. Access from informational legislation system «Garant» (in Russian).

7. Manual on observation over work conditions on industrial workplace. «Elmeri». Institute of occupational medicine in

Finland. Department of work safety with Social Security Ministry and Health Ministry of Finland. — Helsinki, 2000 (in Russian).

8. Order of Russian Federation Health and Social Security Ministry, on 12th April 2011 N302n, Moscow. Electronic resource. Access from informational legislation system «Garant» (in Russian)

9. SN 2.2.4/2.1.8.562–96 Noise at workplaces, in living chambers, public buildings and apartment blocks territory. Electronic resource. Access from informational legislation system «Garant» (in Russian).

10. SP 52.13330.2011 Natural and artificial illumination. Actual edition SNiP 23–05–95* Electronic resource. Access from informational legislation system «Garant» (in Russian).

11. Fatkhutdinova L.M., Zalyalov R.R., Khaliullin T.O. // Kazanskiy med. zhurnal. — 2009. — V. XC. — 4. — P. 578–584 (in Russian).

12. Khaliullin T.O., Zalyalov R.R., Fatkhutdinova L.M. et al. // Toksikol. vestnik. — 2013. — 4. — P. 17–21 (in Russian).

13. Electronic resource. <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/carbon-nanotubes-139.html> (accessed 01/07/2014) (in Russian).

14. Electronic resource. https://osha.europa.eu/en/publications/promotional_material/rat-essentials (accessed 01/07/2014) (in Russian).

15. Birch M.E. // Appl Occup Environ Hyg. — 2002. — V. 17 (6). — P. 400–405.

16. Dahm M.M., Evans D.E., Schubauer-Berigan M.K., et al. // Ann Occup Hyg. — 2013. — V. 57 (3). — P. 328–344

17. Erdely A., Dahm M., Chen B.T. et al. // Particle and Fibre Toxicology. — 2013. — V. 53 [Электронный ресурс]. URL:<http://www.particleandfibretoxicology.com/content/10/1/53> (дата обращения 25.06.14)

18. Erdely A., Hulderman T., Salmen R. et al. // Nano Letters — 2009. — V. 9 (1). — P. 36–43.

19. Hedmer M., Isaxon H., Nilsson P.T. et al. // Ann. Occup. Hyg. — 2014, V. 58. — N. 3. — P. 355–379.

20. Hu X., Cook S., Wang P. et al. // Sci Total Environ. — 2010. — V. 408 (8). — P. 1812–1817.

21. Kanno J, Takagi A, Nishimura T, Hlrose A. // The toxicologist. Salt Lake City, Utah: Oxford University Press. — 2010. — P. 1397.

22. Laitinen H., Vuorinen M., Simola A, Yrjänheikki E // Safety Science. — 2013. — V. 54. — P. 69–79.

23. Li-Ming L., Dunn K.H., Hammond D. et al. // EPHB Report N. 356–13a. — 2012. [Электронный ресурс] URL:<http://www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/356-13a.pdf> (дата обращения: 25.05.2014).

24. Mercer R.R., Hubbs A.F., Scabillon J.F. et al. [Электронный ресурс] // Part Fibre Toxicol. — 2011. — V. 8. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3152886/> (дата обращения: 06.08.2012).

25. Methner M.M., Birch M.E., Evans D.E. et al. // J Occup Environ Hyg. — 2007. — V. 4 (12). — P. D125–130.

26. Mitchell L.A., Lauer F.T., Burchiel S.W., McDonald J.D. // Nat Nanotechnol. — 2009. — V. 4 (7). — P. 451–456.

27. Morimoto Y, Horie M, Kobayashi N. et al. [Электронный ресурс] // Acc Chem Res. — 2012. URL:<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ar200311b> (дата обращения: 01.07.2014).

28. Nel A., Xia T., Madler L., Li N. // Toxic Science. — 2006. — V. 311 (5761). — P. 622–627.
29. NIOSH Current intelligence bulletin 65. [Электронный ресурс] URL: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-145/pdfs/2013-145.pdf> (дата обращения 01.07.2014).
30. Poland C.A., Duffin R., Kinloch I. et al. // Nat Nanotechnol. — 2008. — V. 3 (7). — P. 423–428.
31. Porter D.W., Hubbs A.F., Mercer R.R. et al. // Toxicology. — 2010 Mar 10. — V. 269 (2–3). — P. 136–147.
32. Shvedova A.A., Kisin E., Murray A.R. et al. // Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol. — 2008. — V. 295 (4). — P. 552–565.

Поступила 19.08.2014

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Халиуллин Тимур Оскарович (Haliullin T.O.);
асс. каф. гиг., мед. труда ГБОУ ВПО Казанский государственный медицинский университет (КГМУ) МЗ

РФ, канд. мед. наук. E-mail: Khaliullin.40k@gmail.com.

Залялов Рамиль Равилевич (Zalyalov R.R.).

ст. преп. каф. общей гигиены ГБОУ ВПО КГМУ МЗ РФ, канд. мед. наук. E-mail: zalyalov.ramil@gmail.com.

Шведова Анна Александровна (Shvedova A.A.);

рук. лаб. Нац. ин-та охраны и здоровья труда, г. Моргантаун, США, д-р мед. наук, проф. E-mail: ats1@cdc.gov

Ткачев Алексей Григорьевич (Tkachov A.G.);

зав. каф. техники и технологии пр-ва нанопродуктов ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», д-р тех. наук. E-mail: nanotam@yandex.ru.

Фатхутдинова Лилия Минвагизовна (Fathutdinova L.M.);

зав. каф. гиг., мед. труда ГБОУ ВПО КГМУ МЗ РФ, д-р мед. наук. E-mail: liliya.fatkhutdinova@gmail.com.

УДК 159.9

Я.А. Корнеева^{1,2}, Н.Н. Симонова^{1,2}, Г.Н. Дегтева¹

ОПТИМАЛЬНЫЙ ЛИЧНОСТНЫЙ РЕСУРС КАК ДЕТЕРМИНАНТА АДАПТАЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ ВАХТОВЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ

¹ГБОУ ВПО Северный государственный медицинский университет Минздрава РФ, д. 51, пр. Троицкий, Архангельск, Россия, 163000

²ФГАОУ ВПО Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, д. 17, наб. Северной Двины, Архангельск, Россия, 163002

Освоение месторождений полезных ископаемых в районах Крайнего Севера и Арктики является приоритетным направлением Российской Федерации. Результатом адаптации вахтовых работников на Крайнем Севере следует считать сформированные адаптационные стратегии. Средовой и личностный ресурсы детерминируют адаптационные стратегии в профессиональной деятельности вахтовых работников. Оптимальному личностному ресурсу адаптационных стратегий вахтовых работников соответствуют: принятие других, умеренная интернальность, интегральный показатель адаптации и программирование как регуляторный процесс.

Ключевые слова: личностный ресурс, адаптационные стратегии, вахтовый труд.

Ya.A. Korneyeva^{1,2}, N.N. Simonova^{1,2}, G.N. Degteva¹. **Optimal personal resource as a determinant of adaptational strategies of shift workers in Far North**

¹SBEU HPE Northern State Medical University, Ministry of Health, Arkhangelsk, 51, pr. Troitskiy, Arkhangelsk, Russia, 163000

²FSAEU HPE Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 17, nab. Northern Dvina, Arkhangelsk, Russia, 163002

Development of mineral deposits in Far North and Arctic regions is a priority in Russian Federation. Result of shift workers' adaptation in Far North is formed adaptational strategy. Environmental and personal resources determine adaptational strategies in occupational activity of shift workers. Optimal personal resource of adaptational strategies in shift workers is: acceptance of others, moderate internality, integral adaptation value and programming as regulatory process.

Key words: personal resource, adaptational strategies, shift work.

Освоение месторождений полезных ископаемых в районах Крайнего Севера и Арктики является приоритетным направлением политики Российской Феде-

рации. Районы Крайнего Севера и Арктики характеризуются экстремальными природно-климатическими факторами и условиями жизнедеятельности, поэтому