

# BARENTS

Volume 9, Number 1/2006

NEWSLETTER  
ON  
OCCUPATIONAL  
HEALTH AND  
SAFETY



Occupational Hygiene

# BARENTS

Newsletter on Occupational  
Health and Safety  
2006, Vol. 9, No. 1

## Publisher

Finnish Institute of  
Occupational Health  
Topeliuksenkatu 41 a A  
FIN-00250 Helsinki, Finland

## Editor in Chief

Suvi Lehtinen

## Editor

Solveig Borg

## Layout

Tuula Solasaari-Pekki

## Translator

Anatoly Vinogradov  
Kola Science Centre

Photograph on the cover page:  
Jyrki Komulainen/ Gorilla

The responsibility for opinions, expressed in signed articles, studies and other contributions rests solely with their authors, and publication does not constitute an endorsement by the Finnish Institute of Occupational Health of the opinions expressed in them.

The electronic version of the Barents Newsletter on Occupational Health and Safety on the Internet can be accessed at the following address:  
<http://www.ttl.fi/BarentsNewsletter>

© Finnish Institute of  
Occupational Health, 2006

ISSN 1455-8459  
Printed publication  
ISSN 1458-5952  
On-line publication

## Contents Содержание

<b>Occupational Hygiene – the solution for a better work place</b>	<b>3</b>
K. Louhelainen	
<b>Гигиена труда – путь к улучшению рабочего окружения</b>	<b>4</b>
К. Лоухелайнен	
<b>Occupational exposure assessment of metals</b>	<b>6</b>
E. Nieboer, Y. Thomassen, V. Chashchin, J. Ø. Odland	
<b>Оценка профессиональной вредности металлов</b>	<b>12</b>
Э. Нибур, И. Томассен, В. Чашин, Й.Ю. Одланд	
<b>Collaboration in the Republic of Karelia; activity in occupational hygiene</b>	<b>17</b>
L. Lindroos, E. Sorainen, E. Rytönen	
<b>Опыт интернационального сотрудничества в области гигиены труда в Республике Карелия</b>	<b>19</b>
Л. Линдрус, Э. Сорайнен, Э. Рыткюнен	
<b>Northern Dimension Partnership</b>	<b>22</b>
Suvi Lehtinen	

# Occupational Hygiene – Occupational Hygiene – the solution for a better work place

According to the International Occupational Hygiene Association (IOHA), occupational hygiene is: *the discipline of anticipating, recognising, evaluating and controlling health hazards in the work environment with the objective of protecting worker's health and well-being and safeguarding the community at large.*

This discipline can also be characterized as:

- identifying and evaluating hazardous conditions and practices = assessing risks
- developing risk control methods, procedures and programmes
- assessing and evaluating the effectiveness of hazard controls and risk control methods.

Traditionally, occupational hygiene has dealt with hazardous agents of a chemical, physical and biological nature which may cause disease or discomfort in the workplace.

These tasks are similar to the concept of risk and its variations. Thus, occupational hygiene also covers risk assessment, risk management, risk communication and risk analysis. Risk communication has an important role in improving working conditions, because certain diseases due to exposure have very long outbreak phases and therefore the workers or management personnel are not aware of the actual hazard. In addition, workers are likely to neglect the use of personal protectors because the exposures are unseen.

Although the recognition of adverse health effects or hazards is everyone's daily responsibility, many employers are hardly aware of occupational hygiene. A layperson is not able to make a correct hygiene assessment of the technical processes at workplaces or factories as they are usually complex, and thus an expert evaluation is required. Occupational hygiene experts have the knowledge, measuring equipment and networks of other experts in order to correctly analyse and solve these problems.

As industries and factories become more widely dispersed throughout the globe there may be a lack of expertise in specific countries at local levels. This in turn may lead to a greater need for experts, to solve problems of specific, earlier unknown exposures. An international network of occupational hygienists can contribute to this. However, globalization may also result in an improved environment, as multinational enterprises may apply higher standards of occupational hygiene in the work environments.

The Barents region is one of the coldest in Europe. The work environment presents extremely strong challenges to the workers. Work is increasingly carried out by machines and all-terrain machines are used for transport. This results in increased emissions of, e.g. dust, fine particles, gases, noise and vibration. Maintenance work with chemicals in a cold climate may be more demanding. The occupational hygienist must not only be experienced in occupational hygiene, but also in aspects of work in the cold and human performance in the cold.

The need for occupational hygienists continues to increase due to the hazards threatening workers, and the abundance of occupational or work-related diseases. Hygienists, in co-operation with designers, engineers and occupational health service personnel are experts in solving problems in work environments.

PhD Kyösti Louhelainen  
President of the Finnish Occupational Hygiene Society

# Гигиена труда – путь к улучшению рабочего окружения

**М**еждународная ассоциация гигиены труда (МАГТ / ИОНА) определяет понятие «гигиена труда» как научную дисциплину, посвященную прогнозированию, диагностике, оценке и контролю рисков для здоровья, связанных с производственными обстановками, с целью защиты здоровья трудящихся и обеспечения благополучия и безопасности общества. Такая трактовка предопределяет направления научных исследований:

- выявление и оценка вредных факторов производства, т.е. прогнозирование рисков;
- развитие методов контроля риска с разработкой соответствующих мер и программ;
- оценка эффективности методов обнаружения вредных факторов и управления рисками.

Традиционно *гигиена труда* имеет дело с химическими, физическими и биологическими факторами производственной вредности, способными вызвать заболевание или обусловить дискомфорт на рабочем месте.

В этом плане методология и объекты исследований *гигиены труда* совпадают с *рискологией* (наукой об управлении рисками), в частности в таких направлениях, как прогнозирование рисков, управление рисками, взаимодействие с риск-факторами, анализ рисков. Исследования взаимодействия с риск-факторами особенно важны для улучшения условий труда, поскольку некоторые профессиональные заболевания имеют длительный латентный период развития и поэтому не вызывают должной и своевременной озабоченности ни у рабочих, ни у руководи-телей производства. Более того, не замечая видимых проявлений вредных факторов, рабочие зачастую пренебрегают средствами индивидуальной защиты.

Несмотря на то, что обнаружение признаков проявления вредных для здоровья факторов принято считать непреложной обязанностью всех участников трудового процесса, многие работодатели уделяют мало внимания вопросам гигиены труда. Из-за комплексности современных технологий непрофессионалы не могут дать адекватный прогноз гигиенической обстановки на рабочих местах и на всем предприятии. Для этого требуются гигиенисты-профессионалы, обладающие знаниями и измерительной аппаратурой, а в сложных случаях и они должны обращаться за помощью к узким специалистам

для правильного анализа и решения конкретных проблем обеспечения качества рабочего окружения.

Индустриализация приобретает глобальные масштабы, но не все страны обладают достаточным потенциалом для организации экспертного контроля условий производства. В связи возрастает потребность в кадрах экспертов-гигиенистов, способных решать специфические проблемы новых факторов вредности, с которыми ранее никто не сталкивался. Международная сеть сотрудничества гигиенистов может внести существенный вклад в решение проблем такого рода. С другой стороны, глобализация может не только порождать новые проблемы, но и способствовать улучшению рабочей среды, поскольку на крупных транснациональных предприятиях могут внедряться более высокие стандарты качества рабочей среды, чем на местных производствах.

Баренц-регион отличается самым холодным в Европе климатом, и потому рабочее окружение нередко ставит перед трудящимися трудноразрешимые проблемы. Все в большей мере работа перекладывается на плечи машин, а среди транспортных средств ширится использование вездеходов. Как следствие, увеличиваются объемы вредных выбросов, таких как пыль, аэрозоли и газы, возрастает шум и вибрация. Управление машинами и оборудованием на холоде предъявляет особые, повышенные требования к операторам. В связи с этим эксперты-гигиенисты здесь должны быть компетентны не только в вопросах собственно производственной гигиены, но и знать все особенности работы на холоде, в том числе и влияние его на работоспособность человека.

Потребность в профессиональных специалистах в области гигиены труда возрастает по мере увеличения числа факторов, угрожающих здоровью трудящихся, и распространения профессиональных заболеваний. Эксперты-гигиенисты должны привносить свой опыт в решение проблем создания здоровой рабочей среды в тесной кооперации с проектировщиками, инженерами и персоналом службы охраны труда.

Др. Кюсти Лоухелайнен  
Президент Финского общества гигиены труда

# Introduction

The authors of this article are the principal investigators of the Russian Reproductive Health Study (RRHS). Dr Evert Nieboer has been Professor of Toxicology in the Department of Biochemistry and Biomedical Sciences at McMaster University in Hamilton, Ontario, Canada for the past 25 years. Since 1997, he has also held a position as Professor of Environmental Medicine in the Institute of Community Medicine, University of Tromsø, Norway. He serves as the coordinator of the RRHS. His research focus continues to be the environmental and occupational toxicology of metals and of persistent organic contaminants, with an emphasis on reproductive health and community human health risk assessment. He has edited two books, has co-authored over 130 research papers, and acts as a technical adviser to a number of public health departments.

Dr Yngvar Thomassen holds the position of Research Director in the Department of Occupational Hygiene, National Institute of Occupational Health in Oslo, Norway. During his twenty-nine years there, he also has carried out teaching duties in the Chemistry Department at the University of Oslo. Recently, he has been appointed as Professor in Environmental Chemistry at the Norwegian University of Life Sciences. He has supervised all of the occupational exposure assessment components of the RRHS, and has been at the forefront of the technical developments associated with the use of personal monitors in the workplace and the associated analytical work. He has been the author and co-author of over 120 scientific publications and has served on the Editorial Boards of several scientific journals.

Dr Jon Øyvind Odland obtained his medical degree in 1980 and a PhD in epidemiology in 2000. He holds the position of Associated Professor in the Institute of Community Medicine, University of Tromsø, Norway, and also works as a clinical specialist in gynaecology and obstetrics. In addition to participating in the RRHS, his research focuses on environmental medicine, within the context of exposure to persistent toxic substances including metals and organochlorine compounds. He is a prominent member of the Arctic Monitoring Assessment Programme (AMAP), which is a circumpolar organization examining the exposure of indigenous arctic peoples to persistent toxic substances to determine the existence of any associated adverse health effects. His focus has been on the native communities in Norway and Russia, with an emphasis on reproductive health outcomes and preventative practices. He has been the author or co-author of over 40 publications.

Dr Valery Petrovich Chashchin is a physician with a PhD in occupational and environmental health. During the period 1982–2001, he served as the Director of the Kola Research Laboratory for Occupational Health in Kirovsk (located in the Murmansk region of Russia). Subsequently, he has held the same position at the Northwest Public Health Research Centre in St. Petersburg. He serves as a senior advisor to the Russian Federation Ministry of Health and to the Governor of the Northwest region of Russia on matters related to occupational and public health. He was responsible for the opportunity to conduct the RRHS and for the strong and ongoing cooperation received from the Russian Nickel Company and health authorities (local and national). As Professor of Medicine at the Saint-Petersburg State Meshnikov's Medical Academy, he has been the PhD supervisor for many physicians. Under his direction and guidance, an extensive AMAP-related study on "Persistent Toxic Substances, Food Security and Indigenous Peoples of the Russian North" (including Siberia and the Far East) has recently been completed. He is the author or co-author of numerous research publications and documents in both Russian and English.

# Occupational exposure assessment of metals

Evert Nieboer, Yngvar Thomassen, Valery Chashchin,  
Jon Øyvind Odland

## Introduction and objectives

Since its inception, the *Journal of Environmental Monitoring* has featured a number of articles that have described and reviewed recent developments in the measurement of workplace aerosols using personal monitors, as well as cutting-edge techniques for the chemical and physical characterisation of particulates. (1–6) The aim of the present feature is to examine the use of these technologies in the context of current practices in occupational hygiene and health, as well as in toxicological and epidemiological research. We will use our ongoing work in the nickel (Ni) refineries and associated operations in the Kola Peninsula, in the Murmansk region of Russia, to illustrate these applications. (7–12) Because of the multidisciplinary nature of the topics to be discussed, we will begin by focussing on the working definitions of a number of terms used or related to issues considered in this review.

## Definition of terms

**Exposure:** (13, 14) contact over time and space between a person and one or more biological, chemical or physical agent. Exposure constitutes the presence of an agent, while *dose* refers to the amount of the potentially hazardous agent that is absorbed or retained by the body.

**Occupational exposure assessment:** (13, 14) a multi-disciplinary field of knowledge that identifies and characterises workplace exposures, evaluates the significance of exposure and the effectiveness of interventions, and develops estimates of exposure to individuals or groups of workers for exposure-response and risk assessment studies.

**Exposure characterisation:** (13) describes the qualities of exposure in a given environment. These may include the source, magnitude, frequency, duration, and routes of exposure; the chemi-

cal and physical properties of an agent; and the potential for interaction with the human body.

**Exposure evaluation:** (13) determines the significance of an exposure relative to known or perceived risks.

**Exposure estimation:** (13) develops an exposure value for an individual or a statistical distribution of exposure values for groups of workers in similar exposure conditions.

**Aerosol:** (15) is a scientific term which applies to any disperse system of liquid or solid particles suspended in a gas, usually air.

**Dust:** (15) an aerosol of solid particles made airborne by mechanical disintegration with sizes ranging from sub-micrometre ( $\mu\text{m}$ ) to over 100  $\mu\text{m}$ .

**Inhalable aerosol fraction ( $f_{\text{inh}}$ ):** (15, 16) is the fraction (aerodynamic diameter,  $d_{\text{ae}} > 100 \mu\text{m}$ ) of total airborne particles that enters the body through the nose and/or mouth during breathing; it is relevant to health effects anywhere in the respiratory tract such as rhinitis, nasal and lung cancer and systemic effects.

**Thoracic aerosol fraction ( $f_{\text{th}}$ ):** (15, 16) is a subfraction of the *inhalable fraction* [corresponding to fractions of total aerosol of 50% cut-off point at  $d_{\text{ea}} = 10 \mu\text{m}$  and of 1% at  $d_{\text{ae}} = 28 \mu\text{m}$ ] composed of particles which penetrate into the tracheoalveolar region of the lung (i.e., the whole region below the larynx) and is important for asthma, bronchitis, and lung cancer.

**Respirable aerosol fraction (or the alveolar fraction,  $f_{\text{alv}}$ ):** (15, 16) is the subfraction of the inhaled particles corresponding to fractions of total aerosol of 50% cut-off point at  $d_{\text{ae}} = 4 \mu\text{m}$  and of 1% at  $d_{\text{ae}} = 10 \mu\text{m}$ ] that penetrate into the alveolar region of the lung (i.e., includes the respiratory bronchioles, the alveolar ducts and sacs) and is pertinent to the development of such chronic diseases as pneumoconiosis and emphysema. Note that  $\text{PM}_{10}$  employed in outdoor aerosol

measurements, is defined as the aerosol subfraction of the “total” aerosol with a 50% cut-off at  $d_{\text{ae}} = 10 \mu\text{m}$ . (17) This definition of  $\text{PM}_{10}$  is, therefore, similar to that of the *thoracic fraction* and different from that of the *respirable fraction*. However, the sampling instrumentation used for measuring  $\text{PM}_{10}$  excludes most particles above 10  $\mu\text{m}$ . This results in the  $\text{PM}_{10}$  and thoracic curves being almost identical for particles under 10  $\mu\text{m}$ , while diverging for larger particle sizes.

**Biological monitoring:** the measurements of a biomarker in tissues, secretions, excreta, expired in air or any combination of these. (18)

**Biomarker of exposure:** an exogenous substance or its metabolite(s) or the product of an interaction between the substance (or hazardous agent) and targets within an organism. (14, 19)

**Biomarker of effect:** a measurable biochemical and physiological alteration within an organism associated with health impairment or disease. (14, 19)

**Speciation:** an interdisciplinary field of activity concerned with all dimensions of the occurrence and measurement of an element in separately identifiable forms (i.e. chemical, physical or morphological state). (20)

It is evident from these definitions that the process of occupational exposure assessment includes measurements and evaluation of one or more characteristics of the exposure environment. Traditionally, occupational exposure assessment of metals has mainly focussed on environmental exposure monitoring (air exposure). Biomarkers of exposure have in recent times been more frequently employed in a complementary role to this effort, especially with agents having multiple routes of entry such as toxic metals. As pointed out earlier (20) and illustrated below, physical, chemical and biological reactivity parameters of metals often determine what might best be meas-



A worker equipped with personal sampling equipment. Nickel carbonyl Department, Monchegorsk Nickel refinery



A female filter worker, Monchegorsk Nickel Refinery.

ured in an exposure assessment and what specific biomarker to select in biological monitoring.

### Nickel toxicology primer

In terms of the occupational experience, the main toxicological endpoints of concern associated with some inorganic Ni compounds are respiratory cancers (nasal and lung) and hypersensitivity (contact dermatitis, but rarely asthma). (21–23) An association between increased respiratory cancer risk and high inhalation exposures to sulfidic, oxidic and soluble nickel compounds experienced during the refining of sulfidic nickel ores has been described. (24) No cancer association was found for metallic nickel exposures or exposures to oxides encountered during the refining of lateritic ores. (24) Recently, some evidence for the development of fibrosis at the radiological level in Ni refinery workers has been presented. (25) Of these various outcomes, only Ni contact dermatitis constitutes a public health issue, with about 10% of females experiencing sensitisation. However, in the case of one Norwegian population it reached as high as 30%. (26, 27)

Nickel tetracarbonyl is an organometallic nickel compound and one of the most toxic industrial chemicals. The biological properties of nickel tetracarbonyl are very different from those of inor-

ganic nickel compounds. It primarily affects lung and brain tissue, and in the early days of its production and use resulted in as many as 20 fatalities through inhalation. (28) Nickel tetracarbonyl is a liquid at room temperature with a boiling point of 42 °C.

The risk of respiratory cancers among Ni refinery workers appears to be process dependent, with the highest risks assigned to departments involving pyrometallurgical refining of sulfidic nickel ores. (23, 24) Water-soluble Ni exposures also have been linked to elevated risks of respiratory cancers, but this is believed to result from the capability of the Ni ion to act as a promoter of cancer. (29) By contrast, particulates of insoluble Ni compounds such as oxides and sulfides are believed to be more direct acting carcinogens. (29) Consequently to understand the cancer risk associated with nickel exposures more fully, speciation studies of workplace aerosols are required.

A detailed review of the available information (mostly animal studies) regarding possible reproductive effects of nickel compounds prompted the Health Council of The Netherlands to conclude that water-soluble Ni salts *cause concern* for human fertility and nickel tetracarbonyl in terms of development (European Union, EU, Category 3); and that water-soluble Ni salts *may cause* developmental toxicity (EU Category 2). (30) (Me-

tallic Ni and water-insoluble Ni compounds were not classifiable because of the lack of appropriate documentation.) The recently conducted EU risk assessment (EURA 2004, December 2004) classified nickel salts as Category 2 reproductive toxicants based on development effects seen in animals, but no classification was given for fertility effects.

Nickel in blood (whole blood, plasma or serum) and urine are accepted as biomarkers of exposure. (31, 32) Such measurements are related to the bioavailability of Ni in workplace aerosols which, from the short-term perspective, depends on the proportion of water-soluble rather than water-insoluble aerosol subfractions. Based on the disappearance of Ni from blood plasma and its appearance in urine, exposures to water-soluble Ni compounds display a half-life of about one day. (31) This also applies to nickel tetracarbonyl, which is readily absorbed when inhaled. (28) By contrast, particles of water-insoluble compounds trapped in the interstitial spaces in the tissues of the respiratory tract appear to be characterised by a decay half-life of 3.5 years. (20) Ni concentrations in urine are employed in medical surveillance programs in operations involving generation and decomposition of Ni tetracarbonyl in the preparation of highly pure Ni powder. (28, 31)

## Characterisation of workers' exposures in a Russian nickel refinery

Personal exposure assessments (PEAs) were conducted within the primary Ni refinery departments at Zapolyarnyi (ore beneficiation and roasting) and Nikel (ore concentrate smelting and converting), and the secondary refinery departments at Monchegorsk (matte roasting, anode casting and electrorefining), all in the Kola Peninsula of north-west Russia. These surveys were motivated by the need to develop a job function or task exposure matrix (33) in support of a comprehensive reproductive health study. (34) A feasibility study at the Monchegorsk nickel refinery completed by this team in 1997 (35) revealed that in some departments, such as Ni electrorefining, as many as 30% of the employees were female and that adequate medical records existed to conduct an epidemiological study of reproductive effects. (34, 35)

PEA involves the measurement of a worker's personal inhalation exposure rather than of aerosols in the general working area around them. It is widely accepted and regulated for use in routine monitoring, and satisfies the exposure data needs of epidemiological studies. (36) The most informative assessment of aerosol exposure includes the measurement of airborne contaminant fractions relevant to internal exposure and a given health effect. Thus in PEAs, the *inhalable*, *thoracic*, and *respirable fractions* (see Definition of Terms) have been identified. (4, 15, 16) These aerosol fractions determine where penetration and deposition occur in the respiratory tract and a response is elicited.

Further characterization of the major aerosol fractions in terms of water solubility and chemical composition also has merit. For example, the short duration of pregnancy and the fact that the Ni(II) ion crosses the placenta freely (37) suggest that exposure to the inhalable water-soluble Ni subfraction is the relevant exposure parameter for this endpoint. (38) Similarly, sperm production and ovary integrity can only be affected by Ni delivered to the gonads via the blood compartment. Current issues in Ni carcinogenesis also make it relevant to conduct speciation analysis of the inhalable water-insoluble aerosol subfraction

into oxidic, sulfidic and metallic Ni. (29, 39)

In support of assessing the feasibility of the comprehensive reproductive health study mentioned above, (34, 35) personal exposure and biological monitoring assessments were conducted in the spring of 1996 in the secondary refining operations at Monchegorsk. (7) The personal inhalable samplers used were of the Institute of Occupational Medicine (IOM) type, while the IOM personal inhalable dust spectrometer (PIDS) was employed in a sub-sample of workers to assess the particle size distribution, permitting an assessment of the inhalable, thoracic and respirable fractions. The inhalable aerosol fraction measured was further characterised by chemical speciation and particle-size distribution measurements. A miniaturized version (8, 40) of the consecutive chemical speciation scheme introduced by Zátka *et al.* (39) was developed and used to measure the operationally-defined water-soluble, metallic, sulfidic and oxidic subfractions. Unexpected findings were: (i) pyrometallurgical working environments had significant levels of water-soluble Ni (roughly 2–10%); (ii) significant exposure to Co occurred among the Ni-refinery workers, while air levels of As, Cd, and Pb were minimal; (iii) the extrathoracic fraction dominated the particle dis-

tribution. It was concluded that the water-soluble subfraction accounted for the observed urinary Ni and Co concentrations. Further, by comparing the observed concentrations of Ni in air and urine to international occupational exposure limits or reference values, it was concluded that the Monchegorsk Ni workers experienced relatively high exposures.

In May/June 1999, an exposure assessment survey was conducted in the Monchegorsk Cu refinery which, like the Ni refining operations, consisted of pyrometallurgical and electrorefining departments. (8) This time, the inhalable, thoracic and respirable aerosol fractions were simultaneously determined employing the Respicons samplers in a subset of workers. (8) Since the Zátka leaching method has not been validated for Cu smelter aerosols, only the water-soluble and water-insoluble subfractions were determined. Volatile hydrides of the metalloids As, Sb, Se and Te were also measured, as well as urinary creatinine, Cu, Ni and Co concentrations. The results indicated that the Cu refinery workers were exposed to significant Cu and Ni levels (but with Cu/Ni ratios of 19 for the water-soluble subfraction and 12.5 for the water-insoluble subfraction); Co levels were quite low, as well as of Cd and Pb. Water-soluble subfractions of Cu and Ni were again substantial in the pyromet-



Acting director Alexander Nikonov (Kola Research Laboratory for Occupational Health, Kirovsk) assisting in mounting an inhalable IOM sampler to a female worker from the Electrolytic Department, Monchegorsk Nickel Refinery.

allurgical operations. Of the hydrides only those of As and Se were measurable and generally low for all workers, with higher levels of SeH<sub>2</sub> for anode slime workers and AsH<sub>3</sub> for electrowinning cathode workers in the purification circuit. As for the Ni refinery, the largest fraction of aerosol was extrathoracic ( $f_{\text{exth}}=f_{\text{inh}}-f_{\text{th}}$ ) although the thoracic and respirable fractions in the Cu refinery were on average 40 and 20%, respectively. Even though the urinary data are not yet published, the main finding that can be reported is that Cu in urine is not a strong biomarker of inhalation exposure. By contrast, the Ni concentrations were consistent with the measured water-soluble air levels.

In June 2001, the remaining departments at Monchegorsk were surveyed, namely the matte separation unit and the Ni tetracarbonyl plant. In addition, exposures in the primary refining operations in the Kola Peninsula at Zapolyarniy and Nikel were evaluated. For these operations, all aerosol fractions measured were subjected to the full Zatka leaching procedure, namely the inhalable (IOM and Respicon), thoracic (Respicon) and respirable (Respicon). Furthermore, electric/magnetic field measurements were conducted on selected operations of the Ni refinery complex at Monchegorsk. In the Ni tetracarbonyl plant, the volatile Ni fraction was measured by placing a charcoal tube in combination with the IOM sampler. Levels of CO were also measured employing personal direct-reading sensors. All air measurement data have been examined statistically and the corresponding publications are in preparation.

Pertinent to the reproductive health study, it is possible to make the following summative statements, based on the water-soluble aerosol subfraction and urinary measurements. Exposure to Ni and Co in the Cu refinery and in the primary Ni refinery operations were relatively low, resulting in exposure and body burdens of Ni that may be deemed low to moderate and of Co as low. By contrast, exposure to Ni in the secondary Ni refinery operations were moderate-to-high and of Co low-to-moderate. Within these generalisations, the exact exposures depended on job function. Categorical Ni exposure ratings of *background*, *low* and *high* levels, were assigned to each pregnancy outcome recorded at the time of

delivery. Based on this, a job exposure matrix was devised in support of the reproductive health study. (38) Although, magnetic field exposures were especially high in smelting operations, and static magnetic fields in the electrorefining tankhouses, it was judged that such exposures were at the same or lower levels than those found in the Norwegian industry. This knowledge, and the illustration that exposure to the reproductive/developmental toxicants As, Cd and Pb were low or minor, are helpful in considering possible confounders in the reproductive health study. (36) Further, the periodic high peaks of carbon monoxide seen in the carbonyl plant and indications of the presence of volatile Ni (likely the tetracarbonyl), constituted a special concern because of the extreme toxicity of this compound.

Characterization of particulates collected in the Monchegorsk Ni refinery have added much to our understanding of the physical and morphological/chemical aspects of these refinery aerosol particles. A focus on individual particles by scanning electron microscopy, selected area electron diffraction and energy-dispersive X-ray microanalysis with a transmission electron microscope and finally by wavelength-dispersive electron-probe microanalysis has indicated the presence of heterogeneous particles on a nanoscale consisting of various phases. (1, 11, 12) Nickel phases observed in, for example, the roasting and anode casting departments included metallic Ni, bunsenite (NiO), trevorite (Ni,Cu)Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, heazlewoodite (Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>) and godlevskite (Ni,Cu)<sub>9</sub>S<sub>8</sub>, and orthorhombic NiSO<sub>4</sub>. As the phase composition was highly variable, it can be safely stated that exposure to pure substances (i.e., particles consisting of a single phase) even at a nanoscale level was rarely observed. The absence of well-defined phases and simple stoichiometries indicated that exposures to pure Ni subsulfide or specific oxides appeared not to occur. These observations potentially have toxicological implications. Our measurements suggest that exposure to particulates of pure Ni compounds, as done in animal inhalation studies, (21–23) appears not to simulate the occupational exposures.

In conclusion, the thorough exposure assessment program described here can support epidemiological studies of health outcomes other than reproductive

and developmental effects. (36) Like in other Ni refineries elsewhere, (23, 24) excess respiratory cancers (nose and lung) have also been observed in the Monchegorsk Ni operations. (35) The inhalable aerosol fraction, or even better the extrathoracic fraction, would be the most suitable exposure measure of nasal cancer, while the thoracic fraction would be so for the lung cancers as mentioned earlier. The thoracic fraction, as already indicated, is also most relevant for such outcomes as asthma and bronchitis. (16) By contrast, the respirable fraction captures the exposure experienced by tissue involved in the development of pulmonary fibrosis, pneumoconiosis and emphysema. The work reported in this paper represents an example of how to conduct a thoughtful and thorough exposure assessment involving metal exposures that can be used to characterize workers' exposure for a variety of different health endpoints (from cancer, to reproductive effects, to asthma) and could allow discrimination of the effects of various metals, as well as of the different chemical forms of a given metal.

## References

1. Ortner HM. Sampling and characterization of individual particles in occupational health studies. *J Environ Monit.*, 1999;1(4):273–283.
2. Vincent JH, Ramachandran G, Thomassen Y, Keeler GJ. Application of recent advances in aerosol sampling science towards the development of improved sampling devices: the way ahead. *J Environ Monit*, 1999;1(4):285–292.
3. Brixey LA, Paik SY, Evans DE, Vincent JH. New experimental methods for the development and evaluation of aerosol samplers. *J Environ Monit*, 2002;4(5):633–641.
4. Koch W, Dunkhorst W, Loedding H, Thomassen Y, Skaugset NP, Nikanov A, Vincent J. Evaluation of the Respicon (R) as a personal inhalable sampler in industrial environments. *J Environ Monit*, 2002;4(5):657–662.
5. Vincent JH, Ramachandran G, Kerr SM. Particle size and chemical species 'fingerprinting' of aerosols in primary nickel production industry workplaces. *J Environ Monit*, 2001;3(6):565–574.
6. Harper M. Assessing workplace chemical exposures: the role of exposure monitoring. *J Environ Monit*, 2004;6:404.
7. Thomassen Y, Nieboer E, Ellingsen D, Hetland S, Norseth T, Odland JØ, Romanova N, Chernova S, Tchachtchine VP. Characterisation of workers' exposure in a Russian nickel refinery. *J Environ Monit*, 1999;1:15.
8. Thomassen Y, Nieboer E, Romanova N, Nikanov A, Hetland S, VanSpronsen EP, Odland JØ, Chashchin V. Multi-component assessment of worker exposures in a copper refinery. Part 1. Environmental monitoring. *J Environ Monit*, 2004;6:985.

9. Vaktskjold A, Talykova L, Chashchin V, Nieboer E, Odland JØ. The Kola Birth Registry and perinatal mortality in Moncegor'sk, Russia. *Acta Obstet. Gynecol Scand*, 2004;83(1):58–69.
10. Vaktskjold A, Paulsen EE, Talykova L, Nieboer E, Odland J Ø. The prevalence of selected pregnancy outcome risk factors in the life-style and medical history of the delivering population in north-western Russia. *Int J Circumpolar Health*, 2004;63(1):39–60.
11. Höflich BLW, Wentzel M, Ortner HM, Weinbruch S, Skogstad A, Hetland S, Thomassen Y, Chashchin VP, Nieboer E. Chemical composition of individual aerosol particles from working areas in a nickel refinery. *J Environ Monit*, 2000;2:213.
12. Weinbruch S, van Aken P, Ebert M, Thomassen Y, Skogstad A, Chashchin VP, Nikonov A. The heterogeneous composition of working place aerosols in a nickel refinery: a transmission and scanning electron microscope study. *J Environ Monit*, 2002;4:344.
13. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). *Exposure Assessment Methods: Research Needs and Priorities*, Department of Health and Human Services (NIOSH), Cincinnati, OH, 2002, Publication No. 2002-126, 19 p. <http://www.cdc.gov/niosh>.
14. Environmental Health Criteria 214. *Human Exposure Assessment*, International Programme on Chemical Safety (IPCS), World Health Organisation, Geneva, 2000; pp. 230–254.
15. Vincent JH. *Aerosol Science for Industrial Hygienists*. Elsevier Science Ltd., Oxford, UK, 1995. pp. 430.
16. Vincent JH. *Perspectives on International Standards for Health-Related Sampling of Airborne Contaminants*. *Appl Occup Environ Hyg*, 1993;8(4):233–238.
17. McFarland AR, Hickman PD, Parnell Jr CB. A New Cotton dust Sampler for PM-10 Aerosol. *Am Ind Hyg Assoc J*, 1987;48(3):293–297.
18. Ashford NA, Spadafor EJ, Hattis DB, Caldort CC. *Monitoring the Worker for Exposure and Disease*, Scientific, Legal and Ethical Considerations in the Use of Biomarkers, The John Hopkins University Press, Baltimore and London, 1990; pp. 3–14.
19. Environmental Health Criteria 155. *Biomarkers and Risk Assessment: Concepts and Principles*, International Programme on Chemical Safety (IPCS), World Health Organisation, Geneva, 1993; pp. 11–17, <http://www.inchem.org/pages/ehc.html>.
20. Nieboer E, Fletcher GG, Thomassen Y. Relevance of reactivity determinants to exposure assessment and biological monitoring of the elements. *J Environ Monit.*, 1999;1:1.
21. *Toxicological Profile for Nickel (Update)*, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services, Atlanta, GA, 1997. pp 262. Appendix 1.
22. Environmental Health Criteria 108. *Nickel*, International Programme on Chemical Safety (IPCS), World Health Organisation, Geneva, 1991. <http://www.inchem.org/pages/ehc.html>.
23. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 49. *Chromium Nickel and Welding*, International Agency for Research on Cancer, Lyon, 1990.
24. Doll R. (Author-in-Chief). Review of past epidemiologic studies of Nickel-exposed population. In Report of the International committee on Nickel Carcinogenesis in Man. *Scand J Work Environ Health*, 1990;16(1):9–10.
25. Berge SR, Skyberg K. Radiographic evidence of pulmonary fibrosis and possible etiologic factors at a nickel refinery in Norway. *J Environ Monit.*, 2003;5:681.
26. Smith-Sivertsen T, Dotterud LK, Lund E. Nickel allergy and its relationship with local nickel pollution, ear piercing, and atopic dermatitis: A population-based study from Norway *J Am Acad Dermatol*, 1999;40(5):726–735 Part 1.
27. Meding B. Epidemiology of nickel allergy. *J Environ Monit*, 2003;5:188.
28. Morgan LG, in *Nickel and Human Health, Current Perspectives*, *Advances in Environmental Science and Technology*, vol 25, ed. Nieboer E and Nriagu JO. John Wiley, New York, 1992. pp. 261–271.
29. Oller AR, Costa M, Oberdörster G. Carcinogenicity assessment of selected nickel compounds. *Toxicol Appl Pharmacol*, 1997;143(1):152–166.
30. Committee for Compounds Toxic to Reproduction, *Nickel and its Compounds; Evaluation of the Effects on Reproduction, Recommendation and Classification*, Health Council of the Netherlands, The Hague, 2003. ISBN 90-5549-466-6.
31. Nieboer E, Sanford WE, Stace BC. in *Nickel and Human Health, Current Perspectives, Advances in Environmental Science and Technology*, vol 25, ed. Nieboer E and Nriagu JO. John Wiley, New York, 1992. pp. 49–68.
32. Templeton DM, Sunderman Jr. FW, Herber RFM. Tentative Reference Values For Nickel Concentrations In Human Serum, Plasma, Blood, And Urine - Evaluation According To Tracy Protocol. *Sci Total Environ*, 1994;148(2–3):243–251.
33. Benke G, Sim M, Fritsch L, Aldred G. Beyond the job exposure matrix (JEM): the task exposure matrix (TEM). *Ann Occup Hyg*, 2000;44(6):475–482.
34. Odland JØ, Tchachthine VP, Bykov V, Fiskebeck PE, Lund E, Thomassen Y, Nieboer E. Critical evaluation of medical, statistical, and occupational data sources in the Kola Peninsula of Russia pertinent to reproductive health studies. *Int Arch Occup Health*, 1999;72(3):151–160.
35. Nieboer E, Tchachtchine V, Odland JØ, Thomassen Y. Reproductive and Developmental Health in Relation to Occupational Exposure to Nickel in the Kola Peninsula of Russia: A Feasibility Study, unpublished, 1997.
36. Stewart P, Stenzel M. Viewpoint . Data needs for occupational epidemiologic studies. *J Environ Monit*, 1999;1:75N.
37. Odland JØ, Nieboer E, Romanova N, Thomassen Y, Norseth T, Lund E. Urinary nickel concentrations and selected pregnancy outcomes in delivering women and their newborns among arctic populations of Norway and Russia. *J Environ Monit*, 1999;1:153.
38. Vaktskjold A, Talykova LV, Chashchin VP, Nieboer E, Thomassen Y, Odland JØ. Submitted to *Scand J Work Environ Health*.
39. Zatka VJ, Warner JS, Maskery D. Chemical Speciation of Nickel in Airborne Dusts - Analytical Method and Results of an Interlaboratory Test Program. *Environ Sci Technol*, 1992;26(1):138–144.
40. Thomassen Y, Ellingsen DG, Hetland S, Sand G. Chemical speciation and sequential extraction of Mn in workroom aerosols: analytical methodology and results from a field study in Mn alloy plants. *J Environ Monit*, 2001;3:555.

Evert Nieboer  
 Department of Biochemistry and  
 Biomedical Sciences and  
 Occupational  
 Health Program, McMaster  
 University  
 1200 Main St. W., Hamilton,  
 Ontario,  
 Canada, L8N 3Z5  
 nieboere@mcmaster.ca

Yngvar Thomassen  
 National Institute of Occupational  
 Health  
 P.O. Box 8149 DEP, N-0033  
 Oslo, Norway  
 University of Agriculture  
 N-1432 Ås, Norway

Valery Chashchin  
 North-West Public Health  
 Research Centre  
 193036 St. Petersburg, Russia  
 Kola Research Laboratory for  
 Occupational Health  
 184230 Kirovsk, Russia

Jon Øyvind Odland  
 Institute of Community Medicine  
 University of Tromsø  
 N-9037 Tromsø, Norway

This article has originally been published in the *Journal of Environmental Monitoring*, 2005;7:411–415, and it is re-published here with permission.

# Представление

Д-р Эверт Нибур - профессор токсикологии факультета биохимии и биомедицины Университета МакМастера в г. Гамильтон, Онтарио, Канада, где он проработал уже 25 лет. С 1997г. он также ведет курс экологической медицины в Институте коммунальной медицины Университета Тромсе, Норвегия. В проекте ОРЗР он является основным координатором интернациональных работ. Его научные исследования в течение многих лет посвящены тем разделам токсикологии, что изучают воздействие металлов и устойчивых органических соединений на окружающую среду и профессиональное здоровье человека, особенно в аспекте охраны репродуктивного здоровья человека и прогнозной оценки рисков для общественного здоровья в целом. По этой проблематике им опубликованы две монографии и более 130 научных статей (в соавторстве). Помимо научно-исследовательской и образовательной деятельности, он активно участвует в здравоохранении как консультант многочисленных медицинских учреждений.

Доктор Ингвар Томассен занимает должность заместителя руководителя по науке в Отделе гигиены труда Норвежского государственного института профессионального здравоохранения (г. Осло). В течение всех 29 лет, что он работает здесь, он преподаёт на факультете химии Университета Осло, а настоящее время утвержден также профессором экологической химии в Норвежском гуманитарном университете. В рамках проекта ОРЗР он контролировал все вопросы, связанные с прогнозной оценкой экспозиции к вредным факторам, и возглавлял развитие аппаратно-технической базы проекта, связанное с использованием персональных дозиметров на рабочих местах и последующей обработкой полученных результатов. И.Томассен является автором и соавтором более 120 научных публикаций и входит в состав редколлегии ряда научных журналов.

Доктор Йон Ювинд Одланд окончил медицинский институт в 1980 и защитил кандидатскую диссертацию по эпидемиологии в 2000 г. В настоящее время он занимает должность доцента в Институте коммунальной медицины Университета Тромсе, Норвегия, и практикует как клинический специалист в области акушерства и гинекологии. Помимо проблем, затрагиваемых ОРЗР, в круг его научных интересов входит широкий спектр вопросов экологической медицины, связанных с влиянием на здоровье человека устойчивых токсических загрязнителей, включая металлы и органические соединения хлора. Д-р Одланд является одной из наиболее ярких фигур в Международной программе мониторинга Арктики (АМАП), основной задачей которой является выявление и оценка уровня экспозиции коренного населения Арктики к привносимым извне устойчивым токсическим соединениям и выявление всех видов ущерба здоровью, обусловленных этим фактором. Й.Ю. Одландом изучены сообщества коренных народов Северной Норвегии и европейского Севера России,

при этом основное внимание было уделено разработке мер по укреплению их репродуктивного здоровья. По итогам работ им опубликовано самостоятельно и в соавторстве более 40 статей.

Профессор Валерий Петрович Чашин – доктор медицинских наук, один из ведущих специалистов России по гигиене труда. С 1982 по 2001 г. он возглавлял Кольскую научно-исследовательскую лабораторию гигиены труда с клиникой профессиональных заболеваний в г. Кировске (Мурманской область, Россия). В 2002 г. утвержден директором ФГУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребсоюза РФ в г. Санкт-Петербурге. В настоящее время он является также советником по вопросам охраны профессионального здоровья населения при Министерстве здравоохранения России и при Полномочном представителе Президента РФ в СЗ федеральном округе. В проекте ОРЗР В.П.Чашин обеспечивал согласование всех вопросов по организации работ с руководством Кольской горно-металлургической компании концерна «Норильский никель», с региональными и муниципальными органами управления. Как профессор медицины Санкт-Петербургской медицинской академии им. И.Мечникова, В.П. Чашин осуществлял научное руководство подготовкой кандидатских диссертаций многих врачей. Под его руководством недавно было завершено обширное исследование «Устойчивые токсические соединения и безопасность продуктов питания в рационе коренных народов российского Севера (включая регионы Сибири и Дальнего Востока)», непосредственным образом связанное с программой АМАП. Он является автором и соавтором серии научных публикаций и докладов, изданных на русском и английском языках.

# Оценка профессиональной вредности металлов

Эверт Нибур, Ингвар Томассен, Валерий Чашин, Йон Ювинд Одланд

## Предмет и цели исследования

Журнал «Экологический мониторинг», начиная с первого выпуска, помещает на своих страницах множество статей, посвященных современным достижениям в развитии способов оценки распределения аэрозолей в рабочей среде с применением индивидуальных дозиметров, а также передовым технологиям анализа физических и химических характеристик взвешенных частиц (1-6). Целью представленного обзора является анализ эффективности использования подобных технологий в практической деятельности по обеспечению гигиены труда, а также при проведении токсикологических и эпидемиологических исследований. В качестве примеров, иллюстрирующих работоспособность новых методов, мы будем использовать результаты наших исследований, проводимых в настоящее время в цехах рафинирования никеля на металлургических предприятиях Кольской горно-металлургической компании концерна «Норильский никель» в Мурманской области Российской Федерации (7-12).

## Определение терминов

В связи с мультидисциплинарным характером проблематики необходимо дать пояснение авторскому толкованию многих терминов, принятому в данной работе.

*Экспозиция* (13,14) – время непосредственного контакта лица с одним или более вредным фактором биологического, химического или физического происхождения. Экспозиция в большей степени подразумевает присутствие какого-либо вредного компонента, в то время как *доза* определяет количество потенциально опасного для здоровья компонента, который может быть адсорбирован или аккумулирован организмом.

*Оценка профессиональной вредности (экспозиции к вредным факторам)* (13,14) – мультидисциплинарная область знаний, которая идентифицирует и характеризует вредные факторы рабочей среды, оценивает роль каждого фактора и механизм его воздействия на работников, развивает методы количественной оценки экспозиции по отношению к отдельным работникам и их группам с целью выявления зависимости между уровнем экспозиции и ответной реакцией организма для осуществления прогнозирования рисков.

*Характеристика экспозиции* (13) – подробное описание качественных характеристик вредных факторов, проявляющихся в данной рабочей среде (производственной обстановке). Описание может включать информацию об источниках, мощности, частоте, продолжительности и путях распространения физических факторов; о химических и физических свойствах вредных компонентов; о потенциальном взаимодействии факторов со структурами организма человека.

*Оценка степени вредности экспозиции на качественном уровне* (13) – определяет относительный вклад данного фактора по сравнению с известными или предполагаемыми факторами риска.

*Количественная оценка экспозиции* (13) – измеренное значение действия фактора вредности на индивидуального работника или статистическое распределение подобных оценок для группы работников, находящихся в сходных производственных условиях.

*Аэрозоль* (15) – любая дисперсная система, состоящая из жидких или твердых частиц, взвешенных в газообразной среде, чаще всего в воздухе.

*Пыль* (15) – аэрозоль, состоящий из взвешенных в воздухе твердых частиц размером от субмикронного уров-

ня до 100 и более  $\mu\text{m}$  (микрометров), образующихся при механической дезинтеграции материалов.

*Вдыхаемая аэрозольная фракция*  $\dot{f}_{\text{inh}}$  (15, 16) – фракция взвешенных в воздухе пылевых частиц с аэродинамическим диаметром  $d_{\text{ac}} d^{*} 100 \mu\text{m}$ , попадающая в организм через верхние дыхательные пути (носовая, ротовая полость, носоглотка) вместе с вдыхаемым воздухом; вызывает поражение верхних дыхательных путей, проявляющиеся в виде ринитов, рака носовой полости и глотки, некоторых системных заболеваний.

*Грудная аэрозольная фракция*  $\dot{f}_{\text{th}}$  (15, 16) – субфракция вдыхаемой аэрозольной фракции, способная проникать в структуры бронхиального дерева легких (т.е. в нижние дыхательные пути), вызывая бронхиальную астму, бронхиты и рак легких; представлена, в основном, частицами с аэродинамическим диаметром  $d_{\text{ca}} d^{*} 10 \mu\text{m}$  (50% соответствующей размерной фракции), но содержит и более крупные частицы – до 1% от объема размерной фракции 10 ч 28  $\mu\text{m}$ .

*Альвеолярная аэрозольная фракция*  $\dot{f}_{\text{alv}}$  (15, 16) – субфракция вдыхаемой фракции, способная проникать в альвеолы, альвеолярные протоки и полость альвеол через бронхиолы, провоцируя такие хронические заболевания, как пневмокониоз (запыление легких) и эмфизема легких; представлена, в основном, частицами с аэродинамическим диаметром  $d_{\text{ca}} d^{*} 4 \mu\text{m}$  (50% соответствующей размерной фракции), но содержит и более крупные частицы – до 1% от объема размерной фракции 4 ч 10  $\mu\text{m}$ .

Следует отметить, что показатель  $\text{PM}_{10}$ , используемый при измерении концентрации аэрозолей в наружном воздухе, определяется как субфракция «общей» аэрозольной компоненты с содержанием 50% частиц, размером менее  $d_{\text{ac}} = 10 \mu\text{m}$ . (17). Следовательно, при такой трактовке параметр  $\text{PM}_{10}$  по сути соответствует *грудной фракции* и не является

характеристикой *альвеолярной фракции*. В то же время, несовершенство используемой на практике аппаратуры для замеров  $PM_{10}$  приводит к потере большинства частиц крупнее 10  $\mu m$ . Вследствие этого экспериментально полученные кривые распределения показателя  $PM_{10}$  и *грудной фракции* практически совпадают для частиц менее 10  $\mu m$ , а в более крупной области кривые существенно расходятся.

**Биомониторинг** (18) – количественные измерения любых биомаркеров в тканях, секретах, экскретах, выдыхаемом воздухе, по отдельности или в комбинации.

**Экспозиционные биомаркеры** (14, 19) - субстанции экзогенного происхождения или их метаболит(ы), а также продукты взаимодействия между субстанциями (или вредными компонентами) и структурами-мишенями в организме.

**Биомаркеры воздействия** (14,19) – поддающиеся количественному измерению биохимические или физиологические изменения в организме, связанных с ухудшением здоровья или заболеванием.

**Типизация** (20) - междисциплинарное поле деятельности, связанное с обобщением всех сведений о наличии и масштабах проявления любого элемента в конкретно идентифицируемых формах (т.е. в химическом, физическом или морфологическом виде).

Из вышеприведенных определений следует, что процесс оценки производственной вредности включает необходимые измерения и качественные определения одной или более характеристик рабочего окружения. Традиционно оценка производственной вредности воздействия металлов фокусируется, в основном, на методах контроля состояния рабочей атмосферы (воздушной экспозиции). Экспозиционные биомаркеры до последнего времени играли в этом контроле вспомогательную роль, обычно в комбинации с другими факторами вредности, имеющими несколько путей проникновения в организм (например, токсичными соединениями металлов). Как нами отмечалось ранее (20) и будет показано ниже, физические, химические и биологические параметры реактивности металлов зачастую определяют выбор методики наблюдений: где лучше провести замеры параметров экспозиции, а в каких случаях при наличии специфических биомаркеров следует предпочесть биомониторинг.

## Токсические особенности никеля

С позиций профпатологии, важнейшими токсикологическими последствиями, обусловленными взаимодействием с неорганическими соединениями никеля, являются рак носоглотки и легких, а также гиперчувствительность организма, провоцирующая контактный дерматит, реже – бронхиальную астму (21-23). Взаимосвязь между повышением профессиональных рисков развития онкологических заболеваний респираторных органов и высоким уровнем экспозиции в отношении содержащихся во вдыхаемом воздухе сульфидных, окисных и водорастворимых соединений никеля, была охарактеризована ранее на примере производства металлического никеля из сульфидных руд (24). Не было обнаружено достоверной связи между развитием онкологических заболеваний и подверженностью работающих воздействию никеля или его окислов в процессе переработки силикатных руд латеритного генезиса (24). В последнее время появились сообщения о развитии у работников рафинировочных производств легочных фиброзов, выявляемых радиологическими методами (25). Из перечисленного широкого ряда связанных с никелем патологий лишь контактный дерматит может быть отнесен к числу общих заболеваний, поскольку гиперчувствительностью к никелю страдают в мире около 10% женщин, а в Норвегии этот показатель достигает 30% (26,27).

Тетракарбонил никеля - металлоорганическое соединение, входящее в число наиболее токсичных промышленных химикатов. При комнатной температуре он представляет собой жидкость, температура вскипания её всего лишь 42 °С. Биологическое воздействие тетракарбонила никеля на организм сильно отличается от действия неорганических соединений никеля. В первую очередь, он способен поражать ткани легких и мозга, и на первых порах при его производстве и применении было зафиксировано 20 смертельных случаев в результате отравления вдыхаемыми парами (28).

Из вышеизложенного следует, что риск развития онкологических заболеваний респираторного тракта у рабочих никелевого производства зависит от применяемой технологии, при этом принято считать, что наивысшим риском характеризуются отделения пирометаллургической плавки сульфидных руд (23, 24). Экспозиция к

водорастворимым соединениям никеля тоже рассматривается как фактор повышенного профессионального риска развития онкологической патологии органов дыхания, но его вредность в большей степени обусловлена способностью ионов никеля выступать в качестве активатора опухолевого роста (29), тогда как частицы нерастворимых в воде сульфидов и оксидов никеля, могут, как полагают (29), служить активными канцерогенами. Таким образом, для более точной оценки вероятности развития раковых заболеваний среди рабочих никелевых производств, необходимо проведение более детального исследования, сфокусированного на изучении аэрозольных компонентов рабочей атмосферы.

На основе всестороннего анализа всей накопленной информации о возможном влиянии соединений никеля на репродуктивное здоровье (по большей части - результаты опытов на животных), Министерство здравоохранения Голландии в 2003 г. приняло решение включить водорастворимые соли никеля в перечень веществ, негативно влияющих на репродуктивную функцию, а тетракарбонил никеля – в перечень вредных для развития веществ (по классификации Европейского Союза (ЕС) – категория 3); водорастворимые соли никеля признаны также токсичными и вредно влияющими на рост и развитие организма (категория 2 ЕС) (30). Из-за недостатка данных, металлический никель и водонерастворимые соединения никеля не были классифицированы. В более позднем исследовании ЕС по проекту EURA (декабрь 2004 г.) было предложено отнести соли никеля к категории 2 как токсические вещества, оказывающие негативное влияние на репродуктивное здоровье экспериментальных животных; выводов о вредном влиянии на деторождение не было сделано и классификация в этом отношении признана пока преждевременной.

Экспозиционными биомаркерами никеля могут служить его концентрации в крови (в цельной крови, плазме или сыворотке) и моче (31,32). Подобного рода измерения особенно показательны при изучении биодоступности аэрозольного никеля, рассеянного в рабочей атмосфере, поскольку усвояемость его при кратковременных экспозициях в большей степени зависит от соотношения масс водорастворимых и нерастворимых соединений никеля в составе аэрозольной взвеси. Основываясь на исчезновении никеля из проб плазмы и появлении его в пробах мочи можно оценить пе-

риоде полувыведения водорастворимых соединений никеля из организма равным приблизительно одному дню (31). Эта оценка приложима и к тетракарбонилу никеля, который легко абсорбируется из вдыхаемого воздуха (28). В противоположность этому быстрому процессу самоочистки организма от водорастворимых соединений, поведение нерастворимых в воде частиц соединений никеля гораздо сложнее: поступая в респираторные органы, они захватываются тканями и накапливаются в интерстициальном пространстве, поскольку период их полувыведения составляет до 3,5 лет (20). Определение содержания никеля в моче в настоящее время обязательно проводится в процессе профилактических медицинских обследований рабочих, занятых на производстве высокочистых никелевых порошков карбонильным способом, что связано с получением и разложением тетракарбонила никеля (28, 31).

### Характеристика вредности условий труда на Российских никелевых металлургических предприятиях

Персональная оценка вредности условий труда (ПОВ) была проведена на следующих предприятиях Кольского полуострова в Северо-Западном федеральном округе России, перерабатывающих эндогенные сульфидные медно-никелевые руды: горно-металлургический комбинат ОАО «ГМК Печенганикель», включая обогатительный комплекс в г. Заполярном (обогатительная фабрика, цех обжига и агломерации окатышей) и плавильный комплекс в г. Никель (отделение электроплавки рудных концентратов, электроплавки и обеднения шлака, конвертирования с выпуском фанштейна); металлургический комбинат ОАО «Североникель» в г. Мончегорске, включая цех электроплавки и конвертирования штейна, цех электроплавки с получением анодного никеля и цех электрорафинирования с получением высокочистого металла в виде пластин или плиток катодного никеля. Необходимость проведения данного исследования была продиктована задачами разработки нормативной базы для определения степени профессиональной вредности (33), а также в целях исследования влияния металлов на репродуктивное здоровье населения (34). Предварительное обследова-

ние было проведено в Мончегорске в 1997 г. в тех же цехах и тем же коллективом исследователей (35). Благодаря этому удалось подобрать оптимальный объект для исследования влияния никеля на репродуктивные функции, поскольку выяснилось, что в цехе электро рафинирования до 30% работников составляют женщины, характеристика состояния здоровья которых за многие годы подробно описана в документации по проведению профилактических медосмотров (34, 35).

Концепция ПОВ требует проведения замеров индивидуальной экспозиции работника к вдыхаемым вредным веществам, не ограничиваясь общими исследованиями рабочей атмосферы цеха. Такой подход в настоящее время принят в рутинном процессе мониторинга состояния рабочей окружающей и в полной мере соответствует задачам нашего эпидемиологического исследования (36). Для максимальной информативности прогнозных оценок вредности аэрозольных компонентов рабочей атмосферы необходимы замеры именно тех компонентов воздуха, которые определяют экспозицию внутренних органов и чье воздействие на здоровье относительно хорошо изучено. В конкретном случае оценки ПОВ на никелевых производствах в качестве таких информативных индикаторов были использованы инструментально измеренные массы *вдыхаемой, грудной и альвеолярной фракций* аэрозоля (см. определение терминов) (4, 15,16). Именно эти фракции определяют глубину проникновения в респираторный тракт и место отложения загрязнителей, предопределяя тем самым и характер ответной реакции организма на их поступление.

Следующим шагом в оценке ПОВ служит анализ содержания в главных аэрозольных фракциях водорастворимых и нерастворимых соединений никеля. Полезность этой дифференциации легко проиллюстрировать на примере: известно, что никель сокращает сроки беременности, поэтому, принимая во внимание легкость проникновения двухвалентного иона никеля Ni(II) сквозь плацентарный барьер (37), мы должны расценивать присутствие водорастворимых соединений никеля во вдыхаемом женщинами-работницами воздухе как существенный фактор вредности, ответственный за вышеуказанные негативные последствия (38). Точно такой же ход рассуждений следует применить и при оценке потенциального негативного влияния

на спермогенез и овуляцию с учетом доставки растворенного никеля к гонадам током крови. Опубликованные в последнее время данные по онкологической заболеваемости среди рабочих на никелевом производстве свидетельствуют о целесобразности организации специальных исследований для характеристики действия нерастворимых в воде оксидов, сульфидов и металлических частиц никеля, поступающих в организм с вдыхаемым воздухом (29,39).

В дополнение к уже упоминавшемуся ранее предварительному исследованию репродукционного здоровья работниц рафинировочных производств в Мончегорске (34, 35), весной 1996 г. в отделении повторного рафинирования были проведены оценки индивидуальных экспозиционных доз и биологический мониторинг (7). Для замеров запыленности воздуха на рабочих местах применялись индивидуальные пробоотборники конструкции Института производственной медицины (ИПМ); одновременно для более полной характеристики состава вдыхаемых аэрозолей использовались индивидуальные пылевые спектрометры ИПСМ, разработанные тем же институтом и позволяющие дифференциально оценивать массы вдыхаемой, грудной и альвеолярной фракций. Собираемая спектрометрами вдыхаемая фракция подвергалась затем химическому и дисперсионному анализу. Для последовательной характеристики химизма аэрозольной взвеси по методу Затки и др. (39) была разработана миниатюризированная версия стандартной аппаратуры (8,40), позволяющая оперативно определять водорастворимые, сульфидные, оксидные и металлические компоненты в аэрозольной смеси. По итогам работ выявились три неожиданные особенности состава рабочей атмосферы: 1) в цехе пирометаллургического передела оказалось весьма значительным содержание водорастворимого Ni (около 2–10%); 2) работники рафинировочных отделений подвергались повышенной экспозиции к кобальту, тогда как загрязнение воздуха As, Cd и Pb было на минимальном уровне; 3) по дисперсности частиц доминирующая аэрозольная взвесь представлена более крупноразмерной фракцией, чем *грудная*. Был сделан вывод, что маркером содержания водорастворимых субфракций никеля и кобальта во вдыхаемом воздухе может служить содержание этих элементов в пробах мочи. Сравнение полученных результатов с международными стандартами и типовыми экспозиционными дозами

дало основания для заключения, что на «Североникеле» рабочие трудятся в условиях повышенной производственной вредности.

В мае-июне 1999 г. было на «Североникеле» было проведена оценка вредности условий труда в медном производстве, которое, как и никелевое, включает два отделения – пирометаллургическое и электрорафинирования (8). В этом исследовании вдыхаемая, грудная и альвеолярная аэрозольные фракции пыли одновременно определялись с помощью пробоотборников типа «Respicon», которыми укомплектовывалась спецодежда испытуемой группы работников. Поскольку метод выщелачивания по (8) неэффективен применительно к аэрозольным компонентам медного производства в данном исследовании определялись только водорастворимые и нерастворимые субфракции. Кроме того, измерялась концентрация в воздухе цехов летучих гидридных соединений металлоидов As, Sb, Se и Te, а также содержание креатинина, Cu, Ni и Co в моче работников медного производства. Результаты обследования показали, что уровень экспозиции к меди и никелю у рабочих медного производства весьма высок, в то же время соотношение Cu/Ni, в отличие от никелевых цехов, здесь гораздо выше и достигает 19 для водорастворимых соединений и 12,5 для нерастворимых субфракций; загрязнение воздуха Co, Cd и Pb достаточно низкое. Концентрация водорастворимых соединений Cu и Ni в атмосфере пирометаллургического отделения (цех отражательной плавки медных концентратов) достаточно высока. Среди гидридов лишь концентрация соединений As и Se превышала чувствительность анализа у всех испытуемых, хотя некоторое превышение среднего уровня SeH<sub>2</sub> и было отмечено у сборщиков анодных шламов, а AsH<sub>3</sub> – у рабочих катодного участка электролизного цеха. Как и на никелевом производстве, основная субфракция аэрозольных частиц имела размеры, выше верхнего предела грудной субфракции; условно эта укрупненная субфракция названа *экстраторакальной* и по определению ее масса  $\dot{f}_{\text{ext}} = \dot{f}_{\text{inh}} - \dot{f}_{\text{th}}$ . Следует, однако, заметить, что средние оценки концентраций грудной и альвеолярной субфракций (40 и 20% соответственно) здесь заметно выше, чем в никелевых цехах.

Несмотря на то, что показатели анализов мочи еще не до конца не обработаны, основные выводы по данному исследованию состоят в том, что анализ мочи не может служить досто-

верным биологическим маркером дыхательной экспозиции к меди. В противоположность этому, для никеля концентрация в моче и в водорастворимой фракции воздушных аэрозолей хорошо коррелируются.

В июне 2001 были обследованы остальные производственные подразделения «Североникеля», а именно: цех сепарации фэйнштейна и цех карбонильного никеля. Кроме того, дополнительно были обследованы предприятия «Печенганикеля» в г. Заполярный и Никель Мурманской области, где осуществляются стадии первичного обогащения сульфидных руд, рудной плавки и производства фэйнштейна. В процессе обследования химическому анализу по методке (39) подвергались все аэрозольные субфракции: вдыхаемая (пробы собирались с помощью пробоотборников типа «ИПМ» и «Respicon»), грудная («Respicon») и альвеолярная («Respicon»). На отдельных рабочих участках никелевого производства на «Североникеле» были проведены также замеры элетромагнитных полей, а в цехе карбонильного никеля при помощи древесноугольной трубки в комбинации с пробоотборником ИПМ дополнительно замерена концентрация летучих соединений никеля в рабочей атмосфере. Уровни CO также были измерены рабочим персоналом с помощью сенсорных датчиков прямой реакции со считываемым цифровым табло. Все данные по замерам качества воздуха были обработаны статистическими методами, соответствующие публикации готовятся к печати.

Возвращаясь к проблеме изучения состояния репродуктивного здоровья работающих в никелевой промышленности, можно сделать следующее заключение общего плана, вытекающее из анализа данных по исследованию состава водорастворимых аэрозольных фракций производственной атмосферы и мочи работников основных цехов. В цехах рафинирования меди и на подготовительных переделах никелевого производства (обогащение руд, электроплавка концентратов, получение фэйнштейна) уровень экспозиции к Ni и Co относительно низок, а результирующее загрязнение организма никелем можно считать низким и умеренным, а кобальтом – низким. Напротив, в цехах вторичного передела никелевых концентратов и рафинирования никеля экспозиция к Ni имеет умеренный до высокого уровень, а экспозиция к Co – низкий до умеренного. В рамках представленной генерализации индивидуальные вариации экспозиции зави-

сят от характера выполняемых производственных операций.

Уровни экспозиции к никелю были ранжированы на три категории – *базовый, низкий и высокий*, после чего по материалам медицинской статистики было проанализировано распределение по категориям всех случаев нормальной продолжительности беременности и родов в физиологические сроки. На основании этих данных была составлена матрица профессиональных экспозиций, что очень облегчило дальнейшее проведение исследований репродуктивного здоровья работающих (38). Было показано, к примеру, что наиболее высокий уровень экспозиции к магнитным полям имеет место в отделениях электроплавки, а максимальные статические магнитные поля характерны для помещений с электролизными ваннами, однако все эти уровни оказываются близкими или даже меньшими, чем на соответствующих рабочих участках никелевых предприятий Норвегии, считающихся вполне благополучными в отношении риска нарушений репродуктивного здоровья. Полученные на основе матрицы знания о картине распределения вредных условий, как и упомянутые ранее сведения о низких или исчезающе малых концентрациях в рабочей среде таких признанных репродуктивно/эмбриогенетических токсинов как As, Cd и Pb, позволяют избежать многих ошибок и путаницы в вопросах оценки репродуктивного здоровья работающих (36). С другой же стороны, выявление в цехе карбонильного никеля периодических всплесков концентраций CO и присутствие в воздухе летучих соединений Ni, представленных скорее всего парами тетракарбонила, привлекают особое внимание в связи с экстремально высокой токсичностью указанных вредных компонентов рабочей атмосферы.

Подробное исследование состава и свойств пылей, коллекция образцов которых была составлена в ходе обследования рабочей атмосферы производственных цехов «Североникеля», расширило наши представления о физической природе, морфологии и химизме промышленных аэрозолей в металлургии. Изучение этих частиц методами электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа и локального микроанализа позволило выявить гетерофазность частиц на наноуровне (1, 11, 12). К примеру, никельсодержащие фазы в аэрозолях из цехе обжига и агломерации окатышей и из отделения производства анодов, включает ме-

таллический Ni, бунзениит NiO, треворит (Ni,Cu)Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, хизлевудит Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub> и годлевскит (Ni,Cu)<sub>9</sub>S<sub>8</sub>, а также орторомбический NiSO<sub>4</sub>. Поскольку вариабельность фазового состава аэрозолей очень велика, появляется соблазн заявить, что экспозиция к «чистым субстанциям» (т.е. частицам, содержащим только одну фазу) исключительно редка даже на наномасштабном уровне. Отсутствие обособленных фаз определенного химического состава и простой стехиометрии указывает на то, что в реальных производственных обстановках не существует экспозиции к «чистым никелевым сульфидам» или «определенным никелевым оксидам». Этот вывод имеет важное практическое значение для токсикологии, поскольку он ограничивает проецирование на производство модельных опытов с животными, вдыхающими аэрозоли с чистыми никелевыми синтетическими соединениями (21-23).

## Заключение

Подытоживая результаты, отметим, что комплексная программа оценки вредности условий труда, описанная в данной статье, может быть использована не только для исследования проблем репродуктивного здоровья работников металлургии, ни и при любых иных эпидемиологических исследованиях последствий для здоровья труда на определенном производстве (36).

Подобно всем никелевым металлургическим комбинатам мира (23, 24), никелевое производство в ОАО

«Североникель» в Мончегорске характеризуется повышенным уровнем онкологической заболеваемости респираторных органов работающих (35). Массовая доля вдыхаемой аэрозольной фракции, а еще лучше - доля экстракторакальной субфракции в пылевой компоненте производственной атмосферы может служить наиболее удобной мерой для прогнозной оценки риска проявления рака носовой полости, а грудная субфракция по аналогии может служить индикатором риска возникновения рака легких, как это было показано выше. Кроме того, грудная фракция служит индикатором риска бронхиальной астмы и бронхита. Объемы альвеолярной субфракции можно использовать в качестве указаний на наличие риска развития фиброзных процессов в легких, пневмокониоза и эмфиземы.

Описанные в статье работы могут служить примером того, как следует организовывать и проводить вдумчивую и всестороннюю оценку вредности производственных условий при наличии сложной экспозиции к металлам и их соединениям. Предлагаемый подход позволяет не только охарактеризовать индивидуальную экспозицию работников к различным факторам вредности с различными конечными профпатологическими последствиями (от рака до астмы и нарушений репродуктивной сферы), но и дифференцировать эффекты, вызываемые отдельными металлами и содержащими их соединениями в различном фазовом состоянии.

Библиография (см. в англоязычной версии статьи)

### Информация для контактов:

Эверт Нибор  
Факультет биохимии и биомедицины, Университет МакМастер  
1200 Главная Западная ул.,  
Гамильтон, Онтарио  
Канада, L8N 3Z5  
E-mail: nieboere@mcmaster.ca  
Ингвар Томассен  
Государственный институт гигиены труда Норвегии  
П.я. 8149 DEP, N-0033, Осло

Валерий Чащин  
Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья  
ул. 2-я Советская, 4  
Санкт-Петербург 193036  
Л. +7-812-7179783  
E-mail: valerych@mail.lanck.net

Йон Ювинд Одлунд  
Институт коммунальной медицины  
Университет Тромсе  
N-9037 г. Тромсе, Норвегия

В первоначальном виде данная статья была опубликована на английском языке в журнале «Экологический мониторинг», № 7 за 2005 год, с. 411-415; перепечатка материалов на русском языке осуществлена впервые с разрешения редакции.

# Collaboration in the Republic of Karelia; activity in occupational hygiene

Lasse Lindroos, Esko Sorainen, Esko Rytönen, Finland

## Background for the collaboration

Collaboration of the Finnish Institute of Occupational Health (FIOH) with the Institute of Occupational Health in Moscow and respective institutes in St. Petersburg had continued for decades. After the breakdown of the former Soviet Union at the beginning of the 1990s it was deemed important to continue to support the Russian democratization and stabilization processes. Extremely important it was in the neighbouring areas of Finland as in the Republic of Karelia, the Murmansk region, the Leningrad region and in St. Petersburg. The governments of Finland and the Russian Federation drew up a contract of collaboration in the neighbouring areas. It was approved by both sides on 20 January 1992.

The collaboration in the field of social affairs and health was one of the focus areas and occupational health and safety was spelled out in the contract as one concrete example. The Finnish Ministry of Social Affairs and Health commissioned the Finnish Institute of Occupational Health to carry on the planning and the implementation of the collaboration.

The activities were started already in the autumn of 1991 and in January 1992, the representatives of Kuopio and Lappeenranta Regional Institutes, Professor Juhani Kangas and senior expert Lasse Lindroos visited Petrozavodsk to discuss the collaboration. The first discussions were successful, and led to starting the collaboration in the form of supplementary training and education of experts and authorities. The aim of the training was to acquaint the trainees with the Finnish and European systems.

## What has been done?

The first training programme was organized in three periods. The first phase was held as a seminar in Petrozavodsk, on 18–20 October 1993. The number of participants was 40, mainly physicians and occupational health nurses. The course received also plenty of publicity in the media.

After the first phase six experts were selected to further training. The second phase was held on 7–18 November 1994 in Finland (Kuopio and Lappeenranta). Three of the trainees were from the Sanitary and epidemiological centre (Sanep), two from the Labour Inspectorate and one was working as an occupational health physician at a pulp and paper mill in Kontupohja (Kondpoga). During this phase the trainees orientated themselves to problems of occupational health services and how to monitor the work environment in practice.

The third and the last phase consisted of practical measurements and surveys in Karelia. The target workplaces were a pulp and paper mill in Kondpoga and the Karelian souvenir manufacturing company in Petrozavodsk. The trainees designed the measurement strategy and implemented the surveys, including measurements under the supervision of trainers. The equipments needed for the measurements were brought from FIOH. The collected samples were analysed in Lappeenranta. The field surveys were made on 27–31 March 1995. The trainees prepared the reports which were checked by the trainers. The evaluation of the surveys was arranged in Petrozavodsk on 19–21 June 1995 and served as a final session of the first training course. This was the description of the kick-off. The trust among the partners had been established. The collaboration might proceed.

After the first stage, model workplaces (Kondpoga, Pitkäranta) have been created. Hearing tests have been made, experts have been trained on how to map asbestos in buildings and determine asbestos in the building materials. The asbestos project was partly financially sponsored by the European Commission.

## The most recent project

The co-ordinator of the most recent project was Dr. Anneli Pekkarinen with Dr. Pirjo Manninen contributing to the planning of the project. The project was completed at the end of 2005. The final report will be published in the near future. One important part of the project was connected with risk assessment, including occupational hygiene evaluations in two different and relevant industrial branches. On the other hand, the aim of the project was to find out the possibilities for creating some data collecting system to follow up the working conditions, numbers of occupational accidents and the health status of the workers. The measurements were implemented in the Karelian Pellet mining company and in the paper machine manufacture in Petrozavodsk.

## How to monitor the work environment in the Republic of Karelia

There are 8 official laboratory centres in Karelia and one independent laboratory. Some enterprises have their own laboratories, which also control the work environment. The centres offer analytical services to the workplaces which do not have their own laboratories.

The exposure measurements are mainly done by the own laboratories of companies. This is possible only for a few



Photo 1. Drilling rig  
Фото 1. Буровая установка

big companies. The enterprises which participated in this project have their own laboratories and experts.

The laboratories follow the exposure conditions according to their programmes. The methods on the one hand and the norms or standards of exposure conditions, on the other hand, are linked to each others. The evaluation is made by comparing the results of the measurements to the corresponding norms. The Sanitary and epidemiological centre (Sanep) controls the quality of the measurements by carrying out its own measurements and by comparing the results to those of the enterprises. The Sanep may approve or disapprove the laboratories. Noise and vibration equipments are calibrated by independent institutes.

### Vibration and noise

In the area of physical factors, exposure to vibration and noise was the main concern in the Karelian Republic. The purpose of the project was to compare measurement methods and results of the Karelian and Finnish specialists. In Karelia, velocity and acceleration of vibration are measured in decibel (dB). In the report, the transformation formulas have been expressed by means of which the decibels can be converted to velocities (m/s) and to accelerations (m/s<sup>2</sup>). The transformations presume that the vibration spectrum information is in use. In addition, the frequency weighting of vibration is different in ISO- and GOST-standards

which also has to be taken into account. By using the above-mentioned transformation formulas, measurement results of the Karelian specialists can be compared with the results of the Finnish specialists and with the limit values of the EU vibration directive (Directive 2002/44/EC). Detailed examples of transformations have been presented in the research report.

In the Karelia Pellet, whole-body vibration was measured in the mine and noise in the mine, in the maintenance department and in the concentration plant. In the paper board machine mill in Petrozavodsk, hand-arm vibration and noise were measured in the foundry during cleaning of castings. Measurement objects, in the Karelia Pellet, have been presented in photos 1–4.

The measurement results, carried out in Karelia Pellet, were the same order of magnitude among both the Karelian and the Finnish specialists when the measurement situation was similar. In the foundry of the paper board machine mill in Petrozavodsk, the hand-arm vibration measurement results of the Karelian specialists were smaller than the results of the Finnish specialists. This was caused by different measurement methods which have been described in the project report.



Photo 2. Bucket loader  
Фото 2. Погрузка руды ковшовым экскаватором в добычном карьере.



Photo 3. Belaz lorry  
Фото 3. Большегрузный карьерный

### Chemical factors

Chemical factors were measured in the same workplaces as noise and vibration. The results have been presented in the reports given to enterprises. The chemical factors measured were among others quartz (total and respirable/fine fraction), respirable dust, welding fumes and metals in fumes, emissions of vehicles, and solvent vapours. The concentrations of quartz were high in the air of the foundry belonging to the paper machine factory. It is also probable that the concentrations in the mine are higher in other weather conditions than on the measuring day. Wet snow was raining which swept the particles out from the air very effectively.

Comparing the results obtained in the project to the results of factory laboratories it may be said that the accordance is sufficient. The methods used in the Republic of Karelia are suitable for their purposes. The experts have high professional skills. In the laboratories, equipments and other facilities there is space for development, and they do not meet the European standards. The lack of knowledge at the floor level is evident. The ordinary workers are not aware of the chemicals and their hazardous properties.

### Conclusions and development targets

Small enterprises have neither laboratories nor money for purchasing expert services. At present, they do not have any interest or motivation or even knowledge in that kind of activities. The material resources of the laboratories are quite modest according to the western scale. However, the methods in use are suitable

ble enough for the purposes. The professional skills of experts and labour inspectors are high and they are motivated to their jobs.

There is a need for a high standard and well-equipped occupational hygiene unit. Risk assessment should be done systematically and it should form a sensible foundation for the continuous improvement of the working conditions and the work environment. Training and education of the workers should be started. The cooperation between employers, employees, experts and authorities should be strengthened. The information guidance and advice is a better approach for developing working conditions than the punishment. The latter should be used only in severe cases.



Photo 4. Noise dose measurement in maintenance department

Фото 4. Оценка уровня шума на участке самосвал «БелАЗ» технического обслуживания

Photo 5. Vibration measurement of impact drill in the foundry

Фото 5. Оценка экспозиции к вибрации рук при работе с ручной электродрелью в литейном цехе

## Опыт интернационального сотрудничества в области гигиены труда в Республике Карелия

Лассе Линдрус, Эско Сорайнен, Эско Рыткюнен,  
Финский государственный институт гигиены труда

### Основы сотрудничества

Финский государственный институт гигиены труда (ФИГТ) сотрудничает с аналогичными научными учреждениями Москвы и Санкт-Петербурга уже не один десяток лет. В начале 90-х, после распада бывшего Советского Союза, было крайне важно поддерживать процессы демократизации и стабилизации в новой России.

Для Финляндии особую значимость имело сохранение добрососедских отношений с приграничными регионами - Республикой Карелия, Мурманской и Ленинградской областью, а также с Санкт-Петербургом. С этой целью 20 января 1992 года между Финляндией и Российской Федерацией

было заключено межправительственное Соглашение о сотрудничестве в приграничных областях.

Взаимодействие в сфере здравоохранения и социальной защиты рассматривалось в качестве ключевых направлений трансграничного сотрудничества, поэтому в указанном Соглашении были конкретно прописаны главные направления совместных работ в сфере охраны труда и профессионального здоровья. Министерство здравоохранения и социальной защиты Финляндии возложило на Финский государственный институт гигиены труда функции головной организации по планированию и осуществлению сотрудничества с российскими партнерами.

Подготовительная работа была начата еще осенью 1991 г., а в январе 1992 г. представители региональных отделений ФИГТ в Куопио и Лапенранте, профессор Юхани Кангас и старший эксперт Лассе Линдрус, посетили Петрозаводск, столицу Республики Карелия, с целью подробного обсуждения намеченных планов. Первые переговоры прошли успешно. Для начала было решено провести дополнительное обучение специалистов и управленцев в сфере гигиены труда, чтобы ознакомить их с особенностями финской и европейской систем охраны труда.

## Первые шаги

Первая программа подготовки специалистов была разбита на три этапа. На начальном этапе, 18-20 октября 1993 г., в Петрозаводске был проведен научно-практический семинар, в котором приняло участие около 40 специалистов, преимущественно врачи и младший медицинский персонал. Мероприятие широко освещалось в прессе.

По итогам семинара были отобраны шесть кандидатов для стажировки в Финляндии в рамках второго этапа проекта. Трое из отобранных специалистов представляли санитарно-эпидемиологическую службу, двое – инспекцию по охране труда, один (врач-профпатолог Кондопожского целлюлозно-бумажного комбината) – сферу профессионального здравоохранения. В течение второго этапа, прошедшего в Куопио и Лапенранте в период с 7 по 18 ноября 1994 г., стажеры сами смогли определиться с наиболее интересными для них темами, лежащими в сфере обеспечения безопасности труда, и познакомились на практике с финским опытом мониторинга рабочего окружения.

Третий, и последний этап проекта включал в себя практическое проведение соответствующего обследования производственных обстановок на предприятиях Карелии с использованием методик и аппаратуры, предоставленных ФИГТ. В качестве объектов исследования были выбраны Кондопожский целлюлозно-бумажный комбинат и фабрика «Карельская керамика» в Петрозаводске. Под руководством финских наставников российские специалисты, проходящие переподготовку, самостоятельно разрабатывали стратегию обследования и проводили соответствующие контрольные измерения в реальной среде. Отобранные пробы анализировались в отделении ФИГТ в Лапенранте. Обследование обоих предприятий было проведено 27-31 марта 1995г., по его итогам на суд наставников были представлены отчеты по принятой в Финляндии форме, а общие итоги курса переподготовки были подведены на заключительном семинаре участников пилотного проекта в Петро-заводске 19-21 июня 1995г.. Результаты проекта были оценены как весьма обнадеживающие, они позволили установить доверительные взаимоотношения между участниками, что явилось залогом дальнейшего развития сотрудничества.

За первым пилотным проектом последовали совместные разработки

типовых моделей рабочих мест для Кондопоги и Питкяранты, исследование по воздействию шума на слух, переподготовка экспертов по контролю применения асбестосодержащих материалов в строительной индустрии, при этом асбестовый проект получил финансовую поддержку от Европейской Комиссии.

## Современное состояние сотрудничества

Последний из многочисленных совместных проектов был завершен в конце 2005 года и в ближайшем будущем его результаты будут опубликованы. Координатором проекта была д-р Аннели Пеккаринен, а в разработку программы работ большой вклад внесла д-р Пирьо Маннинен. Одной из главных задач проекта являлась прогнозная оценка рисков, обусловленных реальным положением дел в обеспечении гигиены труда в двух ведущих секторах промышленности Карелии – добыче железных руд и машиностроении. С другой стороны, целью проекта было изыскание общих подходов к формированию комплексной системы сбора и накопления данных, на основе которой в дальнейшем можно было бы провести исследование взаимосвязей между условиями труда, травматизмом и состоянием профессионального здоровья. В качестве типовых тестовых объектов в данном проекте были избраны горнорудная компания ОАО «Карельский окатыш» (г. Костомукша) и ЗАО «ПетрозаводскМАШ», крупнейший в России производитель оборудования для целлюлозно-бумажной промышленности.

### Система мониторинга рабочей среды в Республике Карелия

В Карелии действуют 8 государственных лабораторных центров и одна независимая лаборатория. Некоторые предприятия имеют собственные лаборатории, обеспечивающие контроль качества рабочей среды. Центры располагают более широкими возможностями для анализа производственных обстановок и предлагают предприятиям те виды услуг по инструментальному контролю рабочей среды, которые предприятие не может осуществить своими силами. Оценка экспозиционных параметров рабочего окружения в большинстве случаев выполняется собственной службой компании, однако позволить себе это могут лишь немногие крупные предприятия. Компании, вовлеченные в описы-

ваемый проект, относились именно к этой категории предприятий и располагали собственными лабораториями и опытным персоналом, занятым в службах охраны и гигиены труда.

По сложившейся практике, оценка вредности условий труда на предприятиях осуществляется собственными службами охраны труда по ими же разработанным программам в соответствии с утвержденными методами и нормативами для каждой отрасли. Оценка качества рабочей среды производится при этом путем сопоставления полученных контрольных замеров с отраслевыми санитарно-гигиеническими стандартами и нормами. Государственные центры санитарно-эпидемиологического надзора (СЭС) осуществляют контроль деятельности заводских служб, проводя собственные контрольные измерения и сравнивая полученные результаты с данными производственных лабораторий. Специалисты СЭС могут дать положительное или отрицательное заключение о работе ведомственных лабораторий и достоверности получаемой ими информации. Сертификация оборудования по уровням шума и вибрации проводится независимыми лицензированными организациями.

### Вибрация и шум

В Карелии к наиболее значимым физическим факторам вредности принято относить вибрацию и шум, поэтому одной из задач проекта было сравнение финских и российских методов оценки экспозиции к этим факторам. В России, например, параметры вибрации измеряются в децибелах (дБ), поэтому в отчете по проекту для сопоставления данных пришлось вывести специальные формулы для приведения результатов, выраженных по русской традиции в дБ, к форме представления данных, принятой в Финляндии с указанием скорости в м/с и ускорения в м/с<sup>2</sup>. Это преобразование предполагает знание частотного спектра вибрации. Кроме того, при сопоставлении данных следует учитывать различия в степени вредности различных частотных диапазонов, приписываемые им в европейском стандарте ИСО и в российском ГОСТе. Применение вышеупомянутых формул приведения дало возможность сравнивать результаты, полученные российскими и финскими экспертами, и сопоставлять их с предельными вибрационными нагрузками, допускаемыми европейскими нормативами согласно Директиве 2004/44/ ЕС. Примеры таких сопоставлений детально

рассмотрены в отчете по проекту.

В ОАО «Карельский окатыш» проведены замеры вибрационной нагрузки на тело у горнорабочих, а уровень шума измерялся в добычных карьерах, в отделении технического обслуживания оборудования и на обогатительной фабрике (см. фото 1-4). На машиностроительном заводе ЗАО «ПетрозаводскМАШ» оценивались параметры экспозиции к шуму и вибрации рук у работников, выполняющих механическую зачистку изделий в литейном цехе (фото 5).

Результаты измерений, проведенных специалистами Карелии и Финляндии на комбинате «Карельский окатыш», в одинаковых производственных условиях были сопоставимы. В литейном цехе «ПетрозаводскМАШ» замеры вибрационной нагрузки, проведенные карельскими специалистами, оказались заниженными по сравнению с оценками финских экспертов, что объясняется различиями в использованных ими методах измерений.

### Химические факторы

Химические показатели были измерены на тех же рабочих местах, где проводились замеры шума и вибрации. Результаты были представлены в отчетах, переданных руководителям предприятий. В обширный перечень изученных химических факторов вредности входили такие ключевые параметры, как содержание кварца (в общем объеме рабочей атмосферы и во вдыхаемой тонкодисперсной фракции); запыленность помещений с оценкой концентрации вдыхаемой фракции пыли; содержание газов и металлов в испарениях, выделяемых при сварочных работах; содержание выхлопных газов и паров растворителей. Высокие концентрации кварца были выявлены в атмосфере литейного цеха машиностроительного завода. В добычном карьере на месторождении железистых кварцитов, против ожидания, повышенной концентрации кварца в воздухе не обнаружено, что может быть связано со специфическими погодными условиями в момент измерений: обильный мокрый снегопад, по-видимому, эффективно вымывал пылеватые частицы из атмосферы карьера.

Сравнение данных инструментальных измерений, полученных в ходе проекта, с материалами оперативного контроля, осуществляемого производственными лабораториями, выявило вполне удовлетворительную сопоставимость результатов. Это дает основание для заключения, что

методы мониторинга рабочей среды, используемые в Карелии, вполне отвечают современным требованиям, а специалисты производственных служб гигиены труда обладают большим профессиональным опытом. Нельзя, однако, не отметить, что оснащение производственных лабораторий требует модернизации для приведения его к уровню европейских стандартов. Очевидна также недостаточная информированность работников низового звена о вредных факторах производства, в том числе о потенциально опасных свойствах применяемых химикатов.

### Итоги и перспективы

На фоне относительного благополучия в обеспечении гигиены труда на крупных предприятиях отчетливо проявляется неудовлетворительное положение в сфере малого и среднего бизнеса. Малые предприятия не имеют ни производственных лабораторий, ни средств для покупки соответствующих услуг у специализированных центров. В настоящее время они не проявляют никакой заинтересованности к улучшению ситуации, более того, у них нет ни должной мотивации, ни адекватных знаний для организации каких-либо мероприятий по улучшению гигиены труда.

Материально-техническую базу лабораторных центров можно определить как весьма скромную в сравнении с западным уровнем. Несмотря на это, используемые ими методы проведения исследований вполне отвечают поставленным задачам. Специалисты лабораторных центров и трудовых инспекций обладают высокой квалификацией и опытом, их работа удовлетворительно стимулируется государством.

Для улучшения условий труда в Республике Карелия необходимо расширить сеть центров гигиены труда, хорошо оснащенных современной аппаратурой. Следует организовать регулярную прогнозную оценку производственных рисков и создать специализированные учреждения, способные чутко реагировать на происходящие в промышленном секторе изменения и поддерживать непрерывный процесс улучшения гигиенических условий труда. Назрела необходимость более полного и всестороннего обучения рабочих, чтобы повысить уровень их знаний о современных требованиях к гигиене труда. Чтобы добиться этого, необходимо усилить взаимодействие и сотрудничество между работодателями и работниками, специалистами

санитарно-гигиенического надзора и органов государственного управления. Следует учитывать, что обеспечение работников соответствующей информацией или действенным советом способствует повышению эффективности труда в гораздо большей степени, чем наказания за нарушения требований техники безопасности, которыми следовало бы пользоваться лишь в исключительных случаях.

# Northern Dimension Partnership

Suvi Lehtinen

## Background

Northern Dimension Partnership (NDP) is a forum for exchange of information and a platform for the development of the Member Countries. It was established in 2003, with the Oslo Declaration ([www.ndphs.org](http://www.ndphs.org)). The member countries of the Partnership are Canada, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Latvia, Lithuania, Norway, Poland, Russian Federation, and Sweden. In addition, a total of eight international organizations are involved in the work of the Partnership. These are the Barents Euro-Arctic Council (BEAC), Council of the Baltic Sea States (CBSS), European Union (EU), International Labour Organization (ILO), International Organization for Migration (IOM), Nordic Council of Ministers, Joint United Nations Programme on HIV/AIDS (UNAIDS) and World Health Organization (WHO).

In the 2004 meeting of the Northern Dimension Partnership, workplace health and safety was proposed as a new topic for collaboration within the Partnership. In 2005, the NDP offered the Baltic Sea Network on Occupational Health and Safety an opportunity to act as an Expert Group of the NDP in the field of occupational health and safety. The offer was welcomed by the Annual Meeting of the Baltic Sea Network in November 2005, held in Oslo at the beginning of November 2005, and the Expert Group first discussed the matter in mid-November 2005 in Stockholm.

## Meeting in Helsinki

The second meeting of the Expert Group on Social Inclusion, Healthy Lifestyles and Work Ability, of which the subgroup Workplace Health and Safety is a part, convened for the second time in Helsinki on 16–17 May 2006. The other two subgroups deal with alcohol issues and adolescents' health. It is easy to see that all these three subgroups have links and interfaces among themselves.

The purpose of the meeting was to discuss the mandate of the subgroups, the stakeholders in the member countries as well as in the international fora. Also, the ongoing important projects will be listed in each member country. The priorities of

the work for the next 2–3 years were identified and discussed. All the discussions were carried out in a very constructive and good atmosphere.

There were seven representatives in the subgroup on Workplace Health and Safety. Countries that were represented this time in the subgroup were Lithuania, the Russian Federation, and Finland. Of the international organizations, ILO contributed to the work of the group.

## How we will proceed?

The issues discussed in the NDP meeting will be introduced to the Annual Meeting of the BSN that is scheduled for 14–15 September 2006, to be held in Tartu, Estonia.



Ms Seija Saana from the Finnish Ministry of Social Affairs and Health opened the meeting. Here accompanied by Mikko Vienonen, Chair of the whole meeting.

# Congresses

## 3rd International Conference on Working on Safety

The Eemhof, The Netherlands  
12–15 September 2006

### Organizers

The Dutch Ministry of Social affairs and Employment and  
the Delft University of Technology  
In cooperation with The International Labour Organization and  
European Agency for Safety and Health at Work

### Contact Information

ATP Congresses & Meetings  
P.O. Box 11632  
2502 AP The Hague, The Netherlands  
Tel: +31 (0)70 3766 733  
Fax: +31 (0)70 4272 770  
E-mail: [wos2006@atp.nl](mailto:wos2006@atp.nl)  
[www.wos2006.nl](http://www.wos2006.nl)

## An International Conference on Healthy Air – Better Work 2007

Helsinki, Finland  
29–31 May 2007

### Organizers

The Finnish Institute of Occupational Health and  
the Finnish Ministry of Social Affairs and Health  
in collaboration with the Finnish Society of Indoor Air Quality and Climate

### Main themes of the Conference

- The identification and management of indoor environment problems at workplaces
- Good practices for solving indoor environment problems at workplaces
- Design and management of good a indoor environment at workplaces
  - Work performance, productivity and indoor air
  - Well-being and indoor environment at workplaces

### Contact information

WorkAir 2007 Secretariat  
Finnish Institute of Occupational Health  
Ms Solveig Borg  
Topeliuksenkatu 41 a A  
FI-00250 Helsinki, Finland  
Tel: +358 30 474 2900  
Fax: +358 9 241 3804  
E-mail: [workair2007@ttl.fi](mailto:workair2007@ttl.fi)  
[www.ttl.fi/workair2007](http://www.ttl.fi/workair2007)

# World Day for Safety and Health at Work

April 28 is the World Day for Safety and Health at Work, an annual event, intended to focus international attention on the establishment and promotion of a safety and healthy culture at work and the reduction of the number of work-related deaths. The theme for this year was *Decent Work – Safe work - HIV/AIDS*. The ILO triple message on this day was:

- decent work for all
- Safe work is key to decent work and
- HIV/AIDS is a workplace issue and an occupational safety and health issue.

More information on the World Day, previous World Days and on different happenings organized during and around the World Day can be found on the ILO website <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/worldday/index.htm>

## History of 28 April

In 2003, the ILO began to observe World Day stressing the prevention of illness and accidents at work, capitalizing on its traditional strengths of tripartism and social dialogue. 28 April is also a day the world's trade union movement has long associated with commemorating victims of occupational accidents and disease

## Editorial Board

Valeri Chashchine, Dr., Centre of Occupational Health, St. Petersburg, Russia  
Vladimir Masloboev, Prof., Kola Science Centre, Russia  
Juri Lupandin, Prof., Petrozavodsk State University, Russia  
Evgeny R. Boyko, Dr., Institute of Physiology, Ural Division Russian Academy of Sciences, Russia  
Anatoly Vinogradov, Ph.D, Secretary General, Kola Science Centre, Russia  
Ingvar Holmér, Prof., Lund Technical University, Sweden  
Randi Eidsmo Reinertsen, Prof., Sintef Unimed, Norway  
Veikko Kujala, Director of Oulu Regional Institute of Occupational Health, Finland

## Collaborative organizations

Finnish Institute of Occupational Health  
Institute of Sanitary-Epidemiologic Research, Petrozavodsk  
Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, Archangelsk  
Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences  
Kola Research Laboratory of Occupational Health  
National Institute of Occupational Health, Oslo, Norway  
National Institute for Working Life, Sweden  
North-West Public Health Centre, St. Petersburg  
St. Petersburg Scientific Research Institute of Labour and Occupational Diseases  
State University of Petrozavodsk  
Sintef Unimed, Norway  
Trondheim University, Norway