

**Internationaler Kongreß  
International Congress**

**25 Jahre Folgen der  
Tschernobyl-Katastrophe:  
Bilanz gesundheitlicher und  
ökologischer Schäden**

**The Chernobyl  
Catastrophe:  
Taking Stock of 25 Years of  
Ecological and Health  
Damages**

**Programm / Program**  
●  
**Abstracts**

6. – 8. April 2011 – April 6 to 8, 2011

in der Charité Berlin, Campus Virchow Klinikum,  
Hörsaal Pathologie im Forschungshaus, Forum 4  
at the Charité University Hospital Berlin, Campus  
of Virchow Clinical Center, Lecture Theatre of  
Pathology, Research House, Forum 4  
Augustenburger Platz 1, D-13353 Berlin,  
Germany

**Majak (Rußland/UdSSR) 1957, Harrisburg (USA) 1979, Tschernobyl (Ukraine/UdSSR)1986, Fukushima (Japan) 2011:** Auch ein Vierteljahrhundert nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl werden die Folgen verdrängt, vertuscht, verharmlost und bagatellisiert. Atomlobby und Politiker reden die Gefährdung durch Niedrigdosisstrahlung mit gezielter Propaganda und beharrlichem Verschweigen der Risiken klein. Knapp 25 Jahre nach Tschernobyl werden in unserem Land gegen den erklärten Willen der Bevölkerung die Laufzeiten für Atomkraftwerke verlängert.

Besondere Aufmerksamkeit soll den Nicht-Krebserkrankungen und den genetischen Folgen der Katastrophe gewidmet werden. Die Vorträge und Diskussionen werden simultan übersetzt.

Die Tagung zielt vorrangig auf die Weiterbildung von Ärzten, Fachwissenschaftlern und Fachjournalisten. Wir laden aber auch interessierte Bürger, Vertreter von Tschernobylinitiativen und Politiker ein, die sich über die wissenschaftlichen Grundlagen ihrer Strahlenschutzbemühungen informieren wollen.

**Mayak (Russia/UdSSR) 1957, Harrisburg (USA) 1979, Chernobyl (Ukraine/UdSSR) 1986, Fukushima (Japan) 2011:** A quarter of a century has passed since the Chernobyl nuclear power station disaster. Its consequences have been dismissed, hushed up, belittled and ignored. The nuclear lobby and politicians make light of the dangers of low dose radiation by purposeful propaganda and persistent concealment. Operation times for nuclear power stations in Germany were prolonged against the manifest will of the people.

A special focus will be on noncancerous diseases and on genetic damages as consequences of the disaster. Lectures and discussions will be translated simultaneously.

The conference is primarily addressed to further education of physicians, scientists of relevant disciplines and journalists. But we also invite interested citizens, representatives of Chernobyl initiatives and politicians to get a broader perspective on the scientific foundations of their efforts in radiation protection or in alleviating radiation damages.

**Dr. Sebastian Pflugbeil**

Berlin, Präsident der Gesellschaft für Strahlenschutz e.V., Tagungspräsident  
Berlin, President of the German Society for Radiation Protection; Conference Chairman

Wir danken für die Mitwirkung und Unterstützung von  
We acknowledge the Cooperation and support of

**Association „Physicians of Chernobyl“, Ukraine**

**Institut für Humangenetik, Humboldt-Universität zu Berlin, Charité – Universitätsmedizin Berlin**

Internationale Ärzte für die Verhütung des Atomkrieges,  
Ärzte in Sozialer Verantwortung  
International Physicians for the Prevention of Nuclear War,  
German Section  
[www.ippnw.de](http://www.ippnw.de)



**European Committee on Radiation Risk (ECRR)**



[www.strahlentelex.de](http://www.strahlentelex.de)

**ECHOO Konferenzdolmetscher  
Barbara Hahn  
[www.echoo.de](http://www.echoo.de)**



**PCS Professional Conference Systems GmbH - [www.pcs.info](http://www.pcs.info)**

**Zehnacker Catering GmbH Charité  
Campus Virchow Klinikum**

Programm / Program	4
Abstracts	
Übersicht / Index	9
Vorträge / Lectures	11
Poster / Posters	71
Referenten / Authors	73
Impressum	75

Mit freundlicher Genehmigung der Autoren und des Verlages liegt eine CD des Buches bei: / By kind permission of authors and publisher a CD is enclosed of:

Alexey V. Yablokov, Vassiliy B. Nesterenko, Alexey V. Nesterenko:  
**Chernobyl – Consequences of the Catastrophe for People and the Environment**

Annals of the New York Academy of Sciences – Volume 1181/2009

**9.00 – 10.00 Uhr:**

**Begrüßung: Sebastian Pflugbeil**, Berlin,  
Präsident der Gesellschaft für  
Strahlenschutz; Tagungspräsident

**Taichiro Kajimura**, Berlin – Tokyo:  
Atomschock aus Japan

**10.00 – 11.30 Uhr**

Sitzung 1: Im Überblick: 25 Jahre  
Tschernobyl

**Angelina I. Nyagu**, Kiew: Effekte vorge-  
burtlicher Bestrahlung auf das Gehirn als  
Folge des Unfalls von Tschernobyl 11

**Alexey V. Yablokov**, Moskau:  
Tschernobyl: Wieviele Menschen gingen  
innerhalb von 25 Jahren zugrunde? 15

**Ozar Mintser**, Kiew: Trends der  
Gesundheitsindikatoren der von  
Tschernobyl geschädigten Patienten 16

**Tee- und Kaffeepause**

**12.00 – 13.30 Uhr**

Sitzung 2: Leukämien

**Danielo F. Gluzman, L.M. Sklyarenko,  
V.A. Nadgornaya, M.P. Zavelevich**,  
Kiew: Reife B-Zell-Neoplasien bei den  
Katastrophen Helfern von Tschernobyl  
1986-1987: Ergebnisse einer zytomor-  
phologischen und immunzytochemischen  
Studie 25 Jahre nach Tschernobyl 18

**Andriy G. Noshchenko, Oleksandra Y.  
Bondar, Vira D. Drozdova**, Kiew:  
Strahleninduzierte Leukämie bei Kindern,  
die zum Zeitpunkt des Tschernobylunfalls  
0-5 Jahre alt waren 19

**Inge Schmitz-Feuerhake, Hannover:**  
Die Strahleninduzierbarkeit der Chronisch  
Lymphatischen Leukämie (CLL). 20

**Mittagspause**

**9.00 – 10.00 a.m.:**

**Welcome Address: Sebastian Pflugbeil**,  
Berlin, President of the German Society  
for Radiation Protection; Conference  
Chairman

**Taichiro Kajimura**, Berlin – Tokyo:  
Nuclear shock from Japan

**10.00 – 11.30 a.m.**

Session 1: 25 Years of Chernobyl – A  
Survey

**Angelina I. Nyagu**, Kiev: Effects of  
Prenatal Irradiation on the Brain as a  
Result of the Chernobyl Accident 11

**Alexey V. Yablokov**, Moscow: Chernobyl:  
How many died in 25 years? 15

**Ozar Mintser**, Kiev: Health indicator  
trends: Impact of the Chernobyl disaster 16

**Tea and Coffee Break**

**12.00 a.m. – 1.30 p.m.**

Session 2: Leukemias

**Danielo F. Gluzman, L.M. Sklyarenko,  
V.A. Nadgornaya, M.P. Zavelevich**, Kiev:  
Mature B-cell neoplasms in Chernobyl  
clean-up workers of 1986-1987: summary  
of cytomorphological and immunocyto-  
chemical study in 25 years after Chernobyl  
accident 18

**Andriy G. Noshchenko, Oleksandra Y.  
Bondar, Vira D. Drozdova**, Kiev:  
Radiation-induced leukemia among  
children aged 0–5 years at the time of the  
Chernobyl accident 19

**Inge Schmitz-Feuerhake, Hannover:** The  
radiation-inducibility of Chronic Lymphatic  
Leukemia (CLL) 20

**Lunchbreak**

**14.30 – 16.00 Uhr** Sitzung 3:

Gesundheitliche Strahlenfolgen 1

**Anatoly K. Cheban**, Kiev: Die Kinder von Tschernobyl. Die Dynamik nicht-stochastischer Strahleneffekte auf die Schilddrüse 21

**Nina S. Mischanchyuk, A.I. Nyagu, Yu.A. Sushko**, Kiev: Vestibularisdysfunktion und Innenohrschwerhörigkeit bei Tschernobyl-Liquidatoren in der Entwicklung über den 25-Jahreszeitraum nach dem Unfall 24

**Lyudmyla I. Khyrunenko, Y.V. Pomosov, L.R. Anspaugh, M.G. Sosnin, V.G. Gryshchenko, Z.P. Fedorenko**, Kiev, Salt Lake City: Effekte ionisierender Strahlung aus dem Unfall von Tschernobyl auf die Brustkrebsinzidenz 26

**2.30 – 4.00 p.m.** Session 3:

Health Damages by Radiation 1

**Anatoly K. Cheban**, Kiev: Children of Chernobyl. Dynamics of Non-stochastic Thyroid Radiation Effects 21

**Nina S. Mischanchyuk, A.I. Nyagu, Yu.A. Sushko**, Kiev: Vestibular Dysfunction and Sensor Neural Hearing Loss in Chernobyl Liquidators in Their Dynamics during 25 Years after the Accident 24

**Lyudmyla I. Khyrunenko, Y.V. Pomosov, L.R. Anspaugh, M.G. Sosnin, V.G. Gryshchenko, Z.P. Fedorenko**, Kiev, Salt Lake City: Effects of Ionizing Radiation Owing to Chernobyl Accident on Breast Cancer Appearance 26

**Tee- und Kaffeepause**

**16.30 – 18.00 Uhr**

Sitzung 4: Politische Langzeitschäden

**Philipp Sonntag**, Berlin: Der gesellschaftliche Umgang mit Radioaktivität 28

**Wolfgang Köhnlein**, Münster: Die seltsame Geschichte der ICRP 30

**Jürg Ulrich**, Basel: Mayak 1957, ein Vorläufer der Katastrophe von Tschernobyl. Zwei wenig bekannte Folgen für die biologischen Wissenschaften und die öffentliche Wahrnehmung. 31

**Tea and Coffee Break**

**4.30 – 6.00 p.m.**

Session 4: Political Longterm Damages

**Philipp Sonntag**, Berlin: How Society Deals with Radioactivity 28

**Wolfgang Köhnlein**, Münster: The Mysterious History of ICRP 30

**Jürg Ulrich**, Basel: Mayak 1957, A Forerunner of the Chernobyl Catastrophe. Two Little Known Consequences for Biological Sciences and Public Perception. 31

**9.00 – 10.30 Uhr**

Sitzung 1: Strahlengenetik 1

**Rose Goncharova**, Minsk: Was wir über die genetischen Effekte niedriger Dosen ionisierender Strahlung nach 25 Tschernobyljahren wissen 33

**Inge Schmitz-Feuerhake**, Hannover: Die Bedeutung der Tschernobylforschung für die Neubewertung des genetischen Strahlenrisikos beim Menschen 36

**Galina P. Snigiryova, N.N. Novitskaya, E.D. Khazins, G.M. Popova**, Moskau: Die Bedeutung cyto-genetischer Untersuchungen nach Nuklearunfällen und außerordentlicher Situationen 37  
Ergebnisse zytogenetischer Bevölkerungsuntersuchungen nach Strahlenexposition durch Nuklearunfälle 39

**Tee- und Kaffeepause**

**11.00 – 12.30 Uhr**

Sitzung 2: Strahlengenetik 2

**Hagen Scherb, Kristina Voigt**, München: Fehlende Geburten nach Tschernobyl 40

**Karl Sperling**, Berlin: Der Einfluß ionisierender Strahlung auf das Geschlechterverhältnis: Lehren von Hiroshima und Tschernobyl 42

**Mikhail Malko**, Minsk: Bewertung des Strahlenrisikos für angeborene Entwicklungsschäden in den unter dem Tschernobyl-Unfall leidenden Bezirken von Belarus 44

**Mittagspause**

**9.00 – 10.30 a.m.**

Session 1: Radiation Genetics 1

**Rose Goncharova**, Minsk: What Do We Know about Genetic Effects of Low Doses Ionizing Radiation Following 25 Chernobyl Years? 33

**Inge Schmitz-Feuerhake**, Hannover: Relevance of the Chernobyl Research for a New Evaluation of Genetic Radiation Risks in Humans 36

**Galina P. Snigiryova, N.N. Novitskaya, E.D. Khazins, G.M. Popova**, Moscow: Importance of cytogenetic investigation after radiation accidents and extraordinary situations 37  
Results of Cytogenetic Examination of Population after Accidental Exposure to Ionizing Radiation 39

**Tea and Coffee Break**

**11.00 – 12.30 a.m.**

Session 2: Radiation Genetics 2

**Hagen Scherb, Kristina Voigt**, München: Ionizing Radiation and the Human Sex Odds at Birth 40

**Karl Sperling**, Berlin: Effect of Ionizing Radiation on the Sex Ratio: Lessons from Hiroshima and Chernobyl 42

**Mikhail Malko**, Minsk: Evaluating the Risk of Congenital Development Defects in Regions of Belarus Suffering from the Chernobyl Accident 44

**Lunchbreak**

**13.30 – 15.00 Uhr**

Sitzung 3: Strahlengenetik 3

**Irina Vorobtsova, A. Semenov, I. Kolesnikova, Z. Vasilieva**, St. Petersburg: Die Bedeutung zytogenetischer Untersuchungen zur Abschätzung akuter und verzögert auftretender Wirkungen von Niedrigdosisstrahlung bei Menschen 45

**Alfred Körblein**, Nürnberg: Teratogene Strahleneffekte: Sterblichkeit von Neugeborenen nach Tschernobyl 47

**Tee- und Kaffeepause**

**15.30 – 17.00 Uhr** Sitzung 4:

Gesundheitliche Strahlenfolgen 2

**Valerie Glazko, T. Glazko**, Moskau: Die mikroevolutionären Folgen des Unfalls von Tschernobyl 49

**L.C. Baleva, A.E. Sip'jagina et al.**, Moskau: Die Rolle von Verletzungen des Genoms und des Immunsystems bei der Entstehung von Krankheiten bei Kindern, die der Wirkung von Radionukliden infolge des Unfalls von Tschernobyl ausgesetzt waren 50

**E. Y. Sosnovskaya, O.V. Kotova, et al.** Gomel/ Grodno: Der Gesundheitszustand der von der Katastrophe im Kernkraftwerk Tschernobyl betroffenen belarussischen Bevölkerung: Ergebnisse einer langjährigen Überwachung 56

**1.30 – 3.00 p.m.**

Session 3: Radiation Genetics 3

**Irina Vorobtsova, A. Semenov, I. Kolesnikova, Z. Vasilieva**, St. Petersburg: Significance of Cytogenetic Study for Estimation of Acute and Delayed Effects of Low-Dose Irradiation of People 45

**Alfred Körblein**, Nürnberg: Teratogenic Radiation Effects: Perinatal Mortality following Chernobyl 47

**Tea and Coffee Break**

**3.30 – 5.00 p.m.** Session 4:

Health Damages by Radiation 2

**Valerie Glazko, T. Glazko**, Moscow: Microevolution Consequences of Chernobyl Accident 49

**L.C. Baleva, A.E. Sip'jagina et al.**, Moscow: The Role of Genomic and Immune Disorders in the Development of Diseases among Children Exposed to Radionuclides after the Chernobyl NPP Accident 50

**E. Y. Sosnovskaya, O.V. Kotova, et al.** Gomel/ Grodno: Health State of the People of Belarus Suffering from the Chernobyl Catastrophe: Results of many Years of Monitoring 56

**9.00 – 10.30 Uhr** Sitzung 1:

Gesundheitliche Strahlenfolgen 3

**Ludmila A. Zhavoronkova, Nina Kholodova, Alexey Belostocky, Svetlana Kuptsova**, Moskau: Besonderheiten der Beeinträchtigung der kognitiven Funktionen, des EEG und ereignisbezogene Potentiale bei Liquidatoren des Tschernobyl-Unfalls 58

**Nina B. Kholodova, Zhavoronkova L.A., Ryzhov B.N.**, Moscow: Neurologische, neuropsychologische und neurophysiologische Erscheinungen vorzeitigen Alterns bei Liquidatoren des Unfalls im Kernkraftwerk Tschernobyl 60

**E.B. Schirokova, P.N. Ljubchenko**, Moskau: Der Gesundheitszustand der in der Umgebung Moskaus lebenden Liquidatoren von Tschernobyl, lange nach dem Unfall 61

**Tee- und Kaffeepause**

**11.00 – 12.00 Uhr** Sitzung 2:

Gesundheitliche Strahlenfolgen 4

**Chris Busby**, Liverpool: Innere Dosimetrie von Radium und Thorotrast 64

**Sebastian Pflugbeil**, Berlin: Gesundheitliche Auswirkungen des Uranbergbaus - Erfahrungen in Deutschland 65

**Mittagspause**

**13.00 -15.00 Uhr**

Sitzung 3: Technische Aspekte

**Vladimir Usatenko**, Kiev: Aprilthesen 66

**Konstantin Checherov**, Moskau: Thesen zum Ablauf der Tschernobylkatastrophe 67

**Sergey Pakhomov**, St. Petersburg: Abschätzung der beim Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl freigesetzten Explosionsenergie 69

**Iouli Andreev**, Wien: Tschernobyl, die Erfahrung, die vielleicht für immer verloren ist 70

**15.00 Uhr: Schlußwort** des Tagungspräsidenten

**9.00 – 10.30 p.m.** Session 1:

Health Damages by Radiation 3

**Ludmila A. Zhavoronkova, Nina Kholodova, Alexey Belostocky, Svetlana Kuptsova**, Moscow: Features of Cognitive Impairment, EEG and Event-Related Potentials in Clean-Up Workers of Chernobyl Accident 58

**Nina B. Kholodova, Zhavoronkova L.A., Ryzhov B.N.**, Moscow: Neurological, Neuropsychological and Neurophysiological Manifestations of Premature Aging of Participants in the Liquidation of Consequences of the Chernobyl Accident 60

**E.B. Schirokova, P.N. Ljubchenko**, Moscow: The State of Health of Chernobyl Liquidators Living around Moscow 61

**Tea and Coffee Break**

**11.00 – 12.00 a.m.** Session 2:

Health Damages by Radiation 4

**Chris Busby**, Liverpool: Internal Dosimetry of Radium and Thorotrast 64

**Sebastian Pflugbeil**, Berlin: Health Effects by Uranium Mining – Experiences from Germany 65

**Lunchbreak**

**1.00 – 3.00 p.m.**

Session 3: Technical Aspects

**Vladimir Usatenko**, Kiev: April Theses 66

**Konstantin Checherov**, Moscow: Thesis about the Chernobyl Accident 67

**Sergey Pakhomov**, St. Petersburg: Estimation of Explosion Energy Yield at Chernobyl NNP Accident 69

**Iouli Andreev**, Wien: Chernobyl – The Experience which May be Lost Forever 70

**3.00 p.m.: Concluding remarks** by the Conference Chairman



# Abstracts

## Übersicht Vorträge / Index Lectures

**Andreev**, Iouli: Chernobyl – The Experience which May be Lost Forever / Tschernobyl, die Erfahrung, die vielleicht für immer verloren ist 70

**Baleva**, L.C., A.E. Sip'jagina et al.: The Role of Genomic and Immune Disorders in the Development of Diseases among Children Exposed to Radionuclides after the Chernobyl NPP Accident / Die Rolle von Verletzungen des Genoms und des Immunsystems bei der Entstehung von Krankheiten bei Kindern, die der Wirkung von Radionukliden infolge des Unfalls von Tschernobyl ausgesetzt waren 50

**Busby**, Chris: Internal Dosimetry of Radium and Thorotrast / Innere Dosimetrie von Radium und Thorotrast 64

**Cheban**, Anatoly K.: Children of Chernobyl. Dynamics of Non-stochastic Thyroid Radiation Effects / Die Kinder von Tschernobyl. Die Dynamik nicht-stochastischer Strahleneffekte auf die Schilddrüse 21

**Checherov**, Konstantin: Theses about the Chernobyl Accident / Thesen zum Ablauf der Tschernobylkatastrophe 67

**Glazko**, Valerie, T. Glazko: Microevolution Consequences of Chernobyl Accident / Die mikroevolutionären Folgen des Unfalls von Tschernobyl 49

**Gluzman**, Danielo F., L.M. Sklyarenko, V.A. Nadgornaya, M.P. Zavelevich: Mature B-cell neoplasms in Chernobyl clean-up workers of 1986-1987: summary of cytomorphological and immunocytochemical study in 25 years after Chernobyl accident / Reife B-Zell-Neoplasien bei den Katastrophenhelfern von Tschernobyl 1986-1987: Ergebnisse einer zytomorphologischen und immunzytochemischen Studie 25 Jahre nach Tschernobyl 18

**Goncharova**, Rose: Was wir über die genetischen Effekte niedriger Dosen ionisierender Strahlung nach 25 Tschernobyljahren wissen / What Do We Know about Genetic Effects of Low Doses Following 25 Chernobyl Years? 33

**Kajimura**, Taichiro: Atomschock aus Japan / Nuclear shock from Japan 4

**Kholodova**, Nina B., Zhavoronkova L.A., Ryzhov B.N.: Neurological, Neuropsychological and Neurophysiological Manifestations of Premature Aging of the Participants in the Liquidation of Consequences of the Chernobyl Accident / Neurologische, neuropsychologische und neurophysiologische Erscheinungen vorzeitigen Alterns bei Liquidatoren des Unfalls im Kernkraftwerk Tschernobyl 60

**Khyrunenko**, Lyudmyla I., Y.V. Pomosov, L.R. Anspaugh, M.G. Sosnin, V.G. Gryshtshenko, Z.P. Fedorenko: Effects of Ionizing Radiation Owing to Chernobyl Accident on Breast Cancer Appearance / Effekte ionisierender Strahlung aus dem Unfall von Tschernobyl auf die Brustkrebsinzidenz / 26

**Köhnlein**, Wolfgang: Die seltsame Geschichte der ICRP / The Mysterious History of ICRP 30

**Körblein**, Alfred: Teratogene Strahleneffekte: Sterblichkeit von Neugeborenen nach Tschernobyl / Teratogenic Radiation Effects: Perinatal Mortality following Chernobyl 47

**Malko**, Mikhail: Evaluating the Risk of Congenital Development Defects in Regions of Belarus Suffering from the Chernobyl Accident / Bewertung des Strahlenrisikos für angeborene Entwicklungsschäden in den unter der Tschernobyl-Havarie leidenden Bezirken Weißrusslands 44

**Mintser**, Ozar: Health indicator trends: Impact of the Chernobyl disaster / Trends der Gesundheitsindikatoren der von Tschernobyl geschädigten Patienten 16

**Mischanchyuk**, Nina S., A.I. Nyagu, Yu.A. Sushko: Vestibular Dysfunction and Sensor Neural Hearing Loss in Chernobyl Liquidators in Their Dynamics during 25 Years after the Accident / Vestibularisdysfunktion und Innenohrschwerhörigkeit bei Tschernobyl-Liquidatoren in der Entwicklung über den 25-Jahreszeitraum nach dem Unfall 24

**Noshchenko**, Andriy G., Oleksandra Y. Bondar, Vira D. Drozdova: Radiation-induced leukemia among children aged 0–5 years at the time of the Chernobyl accident / Strahleninduzierte Leukämie bei Kindern, die zum Zeitpunkt des Tschernobylunfalls 0-5 Jahre alt waren 19

Gesellschaft für Strahlenschutz e.V. (GSS), German Society for Radiation Protection

25 Jahre Folgen der Tschernobyl-Katastrophe: Bilanz gesundheitlicher und ökologischer Schäden

The Chernobyl Catastrophe: Taking Stock of 25 Years of Ecological and Health Damages

Internationaler Kongreß, Berlin 6. – 8. April 2011 / International Congress, Berlin April 6 to 8, 2011

# Abstracts

- Nyagu, Angelina I.:** Effects of Prenatal Irradiation on the Brain as a Result of the Chernobyl Accident / Effekte vorgeburtlicher Bestrahlung auf das Gehirn als Folge des Unfalls von Tschernobyl 11
- Pakhomov, Sergey:** Estimation of Explosion Energy Yield at Chernobyl NNP Accident / Abschätzung der beim Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl freigesetzten Explosionsenergie 69
- Pflugbeil, Sebastian:** Gesundheitliche Auswirkungen des Uranbergbaus – Erfahrungen in Deutschland / Health Effects by Uranium Mining – Experiences from Germany 65
- Scherb, Hagen, Kristina Voigt:** Fehlende Geburten nach Tschernobyl / Ionizing Radiation and the Human Sex Odds at Birth 40
- Schirokava, E.B., P.N. Ljubchenko:** The State of Health of Chernobyl Liquidators Living around Moscow / Der Gesundheitszustand der in der Umgebung Moskaus lebenden Liquidatoren von Tschernobyl, lange nach dem Unfall 61
- Schmitz-Feuerhake, Inge:** Die Strahleninduzierbarkeit der Chronisch Lymphatischen Leukämie (CLL) / The radiation-inducibility of Chronic Lymphatic Leukemia (CLL) 20  
Die Bedeutung der Tschernobylforschung für die Neubewertung des genetischen Strahlenrisikos beim Menschen / Relevance of the Chernobyl Research for a New Evaluation of Genetic Radiation Risks in Human 36
- Snigiryova, Galina P.:** Importance of cytogenetic investigation after radiation accidents and extraordinary situations / Die Bedeutung cytogenetischer Untersuchungen nach Nuklearunfällen und außerordentlicher Situationen 37  
Results of Cytogenetic Examination of Population after Accidental Exposure to Ionizing Radiation / Ergebnisse zytogenetischer Bevölkerungsuntersuchungen nach Strahlenexposition durch Nuklearunfälle 39
- Sonntag, Philipp:** Der gesellschaftliche Umgang mit Radioaktivität / How Society Deals with Radioactivity 28
- Sosnovskaya, E. Y., O.V. Kotova:** Health State of the People of Belarus Suffering from the Chernobyl Catastrophe: Results of many Years of Monitoring / Der Gesundheitszustand der von der Katastrophe im Kernkraftwerk Tschernobyl betroffenen belarussischen Bevölkerung: Ergebnisse mehrjähriger Überwachung 56
- Sperling, Karl:** Der Einfluß ionisierender Strahlung auf das Geschlechterverhältnis: Lehren von Hiroshima und Tschernobyl / Effect of Ionizing Radiation on the Sex Ratio: Lessons from Hiroshima and Chernobyl 42
- Ulrich, Jürg:** Mayak 1957, A Forerunner of the Chernobyl Catastrophe. Two Little Known Consequences for Biological Sciences and Public Perception / Mayak 1957, ein Vorläufer der Katastrophe von Tschernobyl. Zwei wenig bekannte Folgen für die biologischen Wissenschaften und die öffentliche Wahrnehmung. 31
- Usatenko, Vladimir:** April Theses / Aprilthesen 66
- Vorobtsova, Irina, A. Semenov, I. Kolesnikova, Z. Vasilieva:** Significance of Cytogenetic Study for Estimation of Acute and Delayed Effects of Low-Dose Irradiation of People / Die Bedeutung zytogenetischer Untersuchungen zur Abschätzung akuter und verzögert auftretender Wirkungen von Niedrigdosisstrahlung bei Menschen 45
- Yablokov, Alexey V.:** Chernobyl: How many died in 25 years? / Tschernobyl: Wieviele Menschen gingen innerhalb von 25 Jahren zugrunde? 15
- Zhavoronkova, Ludmila A., Nina Kholodova, Alexey Belostocky, Svetlana Kuptsova:** Features of Cognitive Impairment, EEG and Event-Related Potentials in Clean-Up Workers of Chernobyl Accident / Besonderheiten der Beeinträchtigung der kognitiven Funktionen, des EEG und ereignisbezogene Potentiale bei den Liquidatoren des Tschernobyl-Unfalls 58

## Effects of Prenatal Irradiation on the Brain as a Result of the Chernobyl Accident

### Effekte vorgeburtlicher Bestrahlung auf das Gehirn als Folge des Unfalls von Tschernobyl

Angelina I. Nyagu

Physicians of Chernobyl, Scientific Center for Radiation Medicine of AMS of Ukraine, Kiev

Wissenschaftszentrum für Strahlenmedizin, Akademie der Medizinischen Wissenschaften der Ukraine, Kiev

#### English

Epidemiological studies on individuals who survived the atomic bombing of Hiroshima and Nagasaki and were exposed in utero confirm the vulnerability of the developing foetal brain to radiation injury. Severe mental retardation, lowering of intelligence quotient (IQ) and worsening of school performance, or the occurrence of microcephalia and seizures, especially after exposure at 8–15 and 16–25 weeks after fertilization (ICRP Publication 49) were measured. Extrapolation of the Japanese data to the situation after the Chernobyl accident has limitations, however. The Chernobyl accident caused significantly lower foetal doses, but high doses on the foetal thyroid by the incorporation of the radioiodine released by the burning reactor. On the WHO Pilot Project «Brain Damage in Utero» at the frame of the International Programme on the Health Effects after the Chernobyl Accident (IPHECA) prenatally exposed children showed an increased frequency of mild mental retardation, emotional and behavioural disorders as well as a worsening of the health of their mothers.

The goal of this work was continuation the study of effects of prenatal irradiation as a result of the Chernobyl accident on neuromental health of the children irradiated in utero. Following tasks were envisaged: reconstruction of individual doses for the prenatally irradiated children and comparison group; study of prevalence of neuromental disorders diagnosed on the basis of the ICD-10 criteria in the children irradiated in utero and in comparison group; psychometric characterization of the prenatally irradiated children and comparison group.

154 children born between April 26th, 1986 and February 26th, 1987 and their mothers who had

been evacuated from Pripjat to Kiev, and 143 classmates from Kiev were examined with the Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC), Achenbach's test, Rutter's A(2) test; school performance was also assessed. Mothers were psychometrically examined with the verbal subscale of the Wechsler Adults Intelligence Scale (WAIS), Zung Self-Rating Depression Scale (SDS), PTSD scales [Impact of Events Scale (IES) and Irritability, Depression, Anxiety (IDA)], and General Health Questionnaire (GHQ-28).

In exposed group there are less children who were at the earliest stages of prenatal development that could possibly be explained with abortions and miscarriages due to the Chernobyl accident.

Doses in utero were individually reconstructed for children of both groups according to the model of ICRP Publication 88. The in utero doses on embryo and fetus, the brain and on thyroid in the exposed group in Pripjat are significantly higher than in the comparison group from Kiev.

Especially high are the doses on the fetal thyroid. Moreover, the in utero doses on embryo, fetus and thyroid according to the model of ICRP Publication 88 are higher in comparison to the earlier dose reconstructions, where the transfer factor of iodine from the mother to the child is considered to be 1. There are 13.2% children from Pripjat who had been exposed in utero >100 mSv and 33.8% children from Pripjat who got in utero thyroid doses >1 Sv.

There are more children with severe confounding factors (score=3) in control group, than in the exposed children. There are significant differences on intelligence of exposed children: lower full scale IQ, lower verbal IQ, higher IQ discrepancies due to verbal IQ deterioration.

In the children of both groups without moderate to severe and very severe confounding factors the same significant differences on intelligence of exposed children are kept.

Intelligence of exposed children significantly differs from the control group by:

1. Increased frequency of low IQ (IQ<90), especially of verbal IQ;
2. Increased frequency of average IQ (IQ=91–110) and decreased frequency of high IQ (IQ=121–140);
3. Increased frequency of borderline verbal IQ (vIQ=71–80) and average verbal IQ (vIQ=91–110) and decreased frequency of high verbal IQ (vIQ=121–140);
4. Increased frequency of performance / verbal intelligence discrepancies:
  - IQ discrepancies more than 25 points, testifying a possible brain damage, here due to verbal IQ deterioration;
  - Frequency of exposed children with harmoniously developed intelligence is significantly decreased.

After sorting out from both group the children with moderate to severe and very severe confounding factors, the intelligence of exposed children still significantly differs from the control group by:

1. Increased frequency of average full IQ (IQ=91–110) and decreased frequency of high full IQ (IQ=121–140)
2. Increased frequency of average verbal IQ (vIQ=91–110) and decreased frequency of high verbal IQ (vIQ=121–140)
3. Increased frequency of performance /verbal intelligence discrepancies more than 25 points due to verbal IQ deterioration. There are no clear interaction of intelligence and the periods of cerebrogensis at 26.04.1986 in children with or without moderate to very severe confounding factors.

Emotional and behavioural disorders measured by the Achenbach test are higher in the exposed children for the following categories: 1) withdrawn; 2) somatic complaints; 3) anxious/depression; 4) social problems; 5) attention problems; 6) inter-

nalization (withdrawn, somatic complaints, and anxious/depression); 7) externalization.

There are also revealed no differences between both groups concerning school performance.

There are no differences of intellectual level, assessed by Vocabulary subtest of WAIS, of mothers in both groups. Thus, the deterioration of the verbal IQ of the exposed children cannot be explained by the influence of the verbal IQ of their mothers, although there is a natural tendency of the vIQ of the children in both groups to increase with increase of the verbal subtest of WAIS of the mothers. Mothers of children evacuated from Pripjat experienced much more real stress events (evacuation, lack of information about relatives, migration, difficulties of medical care, etc.). There are significant mental health problems in mothers of children evacuated from Pripjat: severe depression symptoms, the scores of both PTSD scales (IES and IDA) are significantly higher, more somatoform disorders and anxiety symptoms and insomnia, more social problems.

Prenatally exposed children have also more neuropsychiatric disorders than the control children from Kiev for the following categories: 1) paroxysmal states; 2) organic mental disorders; 3) neurotic, stress-related and somatoform disorders; 4) disorders of psychological development; 5) childhood behavioural and emotional disorders, revealed by clinical examination using ICD 10.

The neuropsychological difference between exposed and non-exposed children is not only the decrease of the verbal IQ, but the discrepancy between verbal and performance IQ. When we take the children irradiated in utero only, who have IQ discrepancies «performance IQ — verbal IQ» >25 points (n=19), these discrepancies correlate with fetal dose by ICRP-88:  $r=0.53$ ;  $p<0.018$ . The power of this correlation is increasing, if the discrepancies is increasing also: at  $pIQ-vIQ>27$  (N=11), correlation with the fetal dose by ICRP-88  $r=0.78$ ;  $p<0.004$ ; at  $pIQ-vIQ>29$  (N=9), correlation with fetal dose by ICRP-88  $r=0.93$ ;  $p<0.001$  and correlation with the in utero thyroid dose by ICRP-88 is here  $r=0.75$ ;  $p<0.02$  (N=9).

## German

Epidemiologische Studien an Überlebenden der Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki, die in utero strahlenexponiert waren, bestätigen die Vulnerabilität des sich entwickelnden fetalen Gehirns durch Strahlung. Untersucht wurden schwere geistige Retardation, eine Verminderung des Intelligenzquotienten (IQ) und eine Verschlechterung der schulischen Leistungen, sowie das Auftreten von Mikrozephalie und Anfallsleiden, speziell nach Exposition in der 8. – 15. und der 16. – 25. Woche nach der Befruchtung (ICRP Publication 49). Die japanischen Daten auf die Situation nach dem Unfall von Tschernobyl zu übertragen, ist jedoch nur begrenzt möglich. Der Unfall von Tschernobyl verursachte sehr viel niedrigere fetale Dosen, jedoch hohe fetale Schilddrüsensdosen durch Inkorporation von radioaktivem Jod aus dem brennenden Reaktor. Das WHO Pilotprojekt „Hirnschäden in utero“ im Rahmen des Internationalen Programms über Gesundheitsfolgen des Tschernobyl-Unfalls (IPHECA) zeigte bei vorgeburtlich strahlenexponierten Kindern deutliche Häufungen leichter geistiger Retardation, von Gefühls- und Verhaltensstörungen sowie eine Verschlechterung der Gesundheit ihrer Mütter.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war eine Weiterführung der Studie über die Wirkungen pränataler Bestrahlung als Folge des Tschernobyl-Unfalls auf die neuromentale Gesundheit der in utero bestrahlten Kinder. Dabei wurden die folgenden Aufgaben angegangen: die Rekonstruktion der Individualdosen für die pränatal bestrahlten Kinder und die Vergleichsgruppe, die Untersuchung der Prävalenz neuromentaler Störungen, die bei in utero bestrahlten Kindern nach den ICD-10 Kriterien diagnostiziert wurden, und bei der Vergleichsgruppe, sowie die psychometrische Charakterisierung der pränatal bestrahlten Kinder und der Vergleichsgruppen.

154 zwischen 26. April 1986 und 26. Februar 1987 geborene Kinder und ihre Mütter, die aus Pripjat nach Kiew evakuiert worden waren, sowie 143 Klassenkameraden aus Kiew wurden mittels der Wechsler-Intelligenztestskala für Kinder (WISC), des Achenbach-Tests und des A (2)-Tests von Rutter untersucht. Auch die schulischen Leistungen wurden bewertet. Die Mütter wurden untersucht mittels der wortgebundenen Skala des Wechsler-Intelligenztests für Erwachsene

(WAIS), dem Selbsteinstufungs- Depressionstest nach Sung (SDS), PTSD-Skalen [Impact of Events Scale (IES) und Irritabilitäts-, Depressions- und Angstskala (IDA)] und dem Fragebogen zum allgemeinen Gesundheitszustand (GHQ-28).

In der strahlenexponierten Gruppe gibt es weniger Kinder, die bei der Strahlenexposition in den frühesten Stadien pränataler Entwicklung waren, was vielleicht mit Fehlgeburten oder Abtreibungen aufgrund des Unfalls von Tschernobyl zu erklären ist.

Die in utero-Dosen wurden nach dem Modell der ICRP-Publikation 88 individuell für beide Gruppen rekonstruiert. Die in utero-Dosen für Embryo und Fötus, das Gehirn und die Schilddrüse waren in der belasteten Gruppe aus Pripjat signifikant höher als in der Vergleichsgruppe aus Kiew.

Besonders hoch sind die Dosen für die fetale Schilddrüse. Außerdem waren die in utero-Dosen nach dem Modell der ICRP Publikation 88 für Embryo, Fötus und Schilddrüse höher als bei früheren Dosis-Rekonstruktionen, bei denen der Transferfaktor für radioaktives Jod von Mutter zu Kind bei 1 lag. 13,2% der Pripjat-Kinder waren in utero einer Dosis von >100 mSv ausgesetzt, und 33,8% der Pripjat-Kinder erhielten eine Schilddrüsensdosis in utero von >1 Sv.

In der Kontrollgruppe gab es mehr Kinder mit gravierenden Störfaktoren (score = 3) als in der Gruppe der strahlenexponierten Kinder. Es gibt bei der Intelligenz der strahlenexponierten Kinder signifikante Unterschiede: niedrigerer Gesamt IQ, niedrigerer verbaler IQ und höhere IQ-Diskrepanzen durch Verschlechterung des verbalen IQ. Betrachtet man die Kinder beider Gruppen ohne schwache bis gravierende oder sehr gravierende Störfaktoren, bleiben dieselben signifikanten Unterschiede bei der Intelligenz der strahlenexponierten Kinder bestehen.

Im einzelnen unterscheidet sich die Intelligenz der exponierten Kinder in folgenden Punkten signifikant von der Kontrollgruppe:

1. Erhöhte Häufigkeit eines niedrigen IQ (IQ < 90), besonders des verbalen IQ
2. Erhöhte Häufigkeit eines durchschnittlichen IQ (IQ = 91-110) und verringerte Häufigkeit eines hohen IQ (IQ = 121-140)
3. Erhöhte Häufigkeit des grenzwertigen wortgebundenen IQ (vIQ = 71-80) und des durchschnittlichen verbalen IQ (vIQ = 91 – 110) und vermin-

Gesellschaft für Strahlenschutz e.V. (GSS), German Society for Radiation Protection

25 Jahre Folgen der Tschernobyl-Katastrophe: Bilanz gesundheitlicher und ökologischer Schäden

The Chernobyl Catastrophe: Taking Stock of 25 Years of Ecological and Health Damages

Internationaler Kongreß, Berlin 6. – 8. April 2011 / International Congress, Berlin April 6 to 8, 2011

derte Häufung eines hohen verbalen IQ ( $vIQ = 121 - 140$ )

4. Erhöhte Häufigkeit von Diskrepanzen zwischen Handlungs- und verbaler Intelligenz:

a) IQ-Diskrepanzen von mehr als 25 Punkten, hier ausgelöst durch Verschlechterung des verbalen IQ; ein Zeichen für mögliche Gehirnschäden

b) Die Häufigkeit einer harmonisch entwickelten Intelligenz ist bei den strahlenexponierten Kindern signifikant vermindert

Werden aus beiden Gruppen die Kinder mit geringen bis starken oder sehr starken Störfaktoren (confounding factors) aussortiert, unterscheidet sich die Intelligenz der strahlenexponierten Kinder immer noch deutlich von denen der Kontrollgruppe in folgenden Punkten:

1. Erhöhte Frequenz eines durchschnittlichen Gesamt-IQ ( $IQ = 91 - 110$ ) und verminderte Häufigkeit eines hohen Gesamt-IQ ( $IQ = 121 - 140$ )

2. Erhöhte Häufigkeit eines durchschnittlichen wortgebundenen IQ ( $vIQ = 91-110$ ) und verminderte Häufigkeit eines hohen verbalen IQ ( $vIQ = 121-140$ )

3. Erhöhte Häufigkeit von Diskrepanzen von über 25 Punkten zwischen Handlungs- und verbaler Intelligenz aufgrund der Verschlechterung des verbalen IQ. Es gibt keinen klaren Zusammenhang zwischen Intelligenz und den Stadien der Zerebrogenese am 26. 4. 1986 bei Kindern mit oder ohne schwache bis sehr starke Störfaktoren (confounding factors).

Emotionale und Verhaltensstörungen, die mit dem Achenbachttest gemessen wurden, sind in den folgenden Kategorien für strahlenexponierte Kinder höher: 1) teilnahmslos, 2) somatische Beschwerden, 3) ängstlich/depressiv, 4) soziale Probleme, 5) Aufmerksamkeitsstörungen 6) Rückzugssymptomatik (teilnahmslos, somatische Beschwerden und Ängstlichkeit/Depression), 7) Externalisierung

Ferner gibt es hinsichtlich der schulischen Leistungen keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

Bei den Müttern beider Gruppen gibt es keine Unterschiede im intellektuellen Niveau, wie es mit dem Wortschatz- Test des Wechsler-IQ-Tests gemessen wurde. Daher kann die Verschlechterung des verbalen IQ der strahlenexponierten Kinder nicht durch den Einfluß des verbalen IQs

ihrer Mütter erklärt werden, obgleich es bei den  $vIQ$ s der Kinder in beiden Gruppen eine natürliche Tendenz gibt, sich mit einer höheren Punktzahl ihrer Mütter beim WAIS-Wortschatztest auch zu erhöhen. Mütter von Kindern, die aus Pripjat evakuiert wurden, haben sehr viel mehr Stress-Erlebnisse gehabt (die Evakuierung an sich, fehlende Nachrichten von Familienangehörigen, Umsiedlung, Schwierigkeiten mit der medizinischen Behandlung etc.). Es gibt bedeutende Probleme der geistig-seelischen Gesundheit bei den aus Pripjat evakuierten Müttern: Symptome schwerer Depressionen, die Punktzahl beider PTSD-Skalen (IES und IDA) sind signifikant erhöht, es gibt mehr psychosomatische Störungen, Ängste und Insomnie, mehr soziale Probleme.

Pränatal exponierte Kinder haben auch mehr neuropsychiatrische Störungen als die Kinder der Kontrollgruppe aus Kiew, insbesondere: 1) Paroxysmen, 2) organische Geistesstörungen, 3) neurotische, stress-verursachte und psychosomatische Störungen 4) Störungen der psychischen Entwicklung 5) durch klinische Untersuchungen erkannte Verhaltens- und Gefühlsstörungen des Kindesalters nach ICD 10.

Die neurophysiologische Differenz zwischen strahlenexponierten und nicht-exponierten Kindern liegt nicht nur im wortgebundenen IQ, sondern auch in der Diskrepanz zwischen verbalem und Handlungs-IQ. Betrachtet man die in utero exponierten Kinder gesondert, die IQ-Diskrepanzen von HandlungsIQ minus verbaler IQ  $>25$  Punkte ( $n = 19$ ), so korrelieren diese Diskrepanzen mit der fetalen Dosis nach ICRP-88:  $r = 0,53$ ;  $p < 0,018$ . Die Korrelation wird stärker, wenn auch die Diskrepanzen größer werden: bei  $HIQ - vIQ > 27$  ( $n=11$ ) liegt die Korrelation mit der fetalen Dosis nach ICRP-88 bei  $r=0,78$ ;  $p < 0,004$ . Ist  $HIQ - vIQ > 29$  ( $n=9$ ), beträgt die Korrelation mit der fetalen Dosis nach ICRP-88  $r=0,93$ ;  $p < 0,001$ , und die Korrelation mit der in utero Schilddrüsensdosis nach IDRP-88 liegt hier bei  $r = 0,75$ ,  $p > 0,02$  ( $n=9$ ).

## Чернобыль: сколько погибло за 25 лет?

## Tschernobyl: Wieviele Menschen gingen innerhalb von 25 Jahren zugrunde?

### How many died in 25 years?

А. В. Яблоков  
Alexey V. Yablokov

Российская академия наук, Москва  
Russische Akademie der Wissenschaften, Moskau

#### Russian

Анализ ситуации со смертностью на загрязненных на уровне  $\geq 1$  Ки/км<sup>2</sup> (40 кБк/м<sup>2</sup>) чернобыльскими радионуклидами территорий в России, Беларуси и Украине, обнаружил увеличение здесь общей смертности примерно на 4 % по сравнению со смертностью на рядом расположенных условно “чистых” территориях.

На огромных пространствах Северного полушария, затронутых чернобыльскими радиоактивными выпадениями, уровни дополнительной смертности многократно ниже, но, учитывая численность затронутого населения, суммарно они весьма значительны: оценка возможного общего числа “чернобыльских” смертельных случаев только за первые 25 лет после Катастрофы составляет около 1 млн. 440 тыс. случаев (а с учетом до-родовой смертности - 1 млн. 600 тыс. случаев).

Это количественно подтверждает, что Чернобыльская катастрофа – самая крупная техногенная катастрофа в истории Человечества.

#### German

Eine Analyse der Sterblichkeit in den Gebieten Russlands, Belarus' und der Ukraine, die mit  $\geq 1$  Ci/km<sup>2</sup> (40 kBq/m<sup>2</sup>) durch Radionuklide aus Tschernobyl kontaminiert waren, zeigte eine im Vergleich zu einigen daran gemessenen „sauberen“ Gebieten um 4% erhöhte Sterblichkeit.

In den weiten Landstrichen der westlichen Hemisphäre, die vom radioaktiven Fallout aus Tschernobyl berührt wurden, sind die Werte der zusätzlichen Sterblichkeit um ein Vielfaches niedriger, aber, bedenkt man die Menge der berührten Be-

völkerung, sind sie doch bedeutend: Die mögliche Anzahl von „Tschernobyl-Todesfällen“ liegt nach den ersten 25 Jahren nach der Katastrophe bei 1 Million 440 Tausend Fällen (bei zusätzlicher Berücksichtigung der vorgeburtlichen Sterblichkeit bei 1, 6 Millionen Fällen).

Das unterstreicht mit Zahlen, daß die Katastrophe von Tschernobyl die größte durch Technik erzeugte Katastrophe in der Geschichte der Menschheit war.

**Mittwoch, 6. April 2011 / Wednesday, April 6, 2011**

10.00 – 11.30 Uhr Sitzung 1 / 10.00 – 11.30 a.m. Session 1:

Im Überblick: 25 Jahre Tschernobyl

25 Years of Chernobyl – A Survey

## **Тренды показателей здоровья у лиц, пострадавших от Чернобыльской катастрофы**

### **Trends der Gesundheitsindikatoren bei Personen, die unter der Katastrophe von Tschernobyl leiden**

#### **Health indicators trends: Impact of the Chernobyl disaster**

Проф.О.П.Минцер

Ozar P. Mintser

Национальная медицинская академия последипломного обучения имени

П.Л.Шупика МЗ Украины

Nationale P. L. Shupyk-Akademie für medizinische Postgraduieretenstudien,

Gesundheitsministerium der Ukraine

#### **Russian**

Чернобыльская катастрофа изменила практически все представления о безопасности жизни на Земле, методах измерения здоровья отдельных личностей, контингентов и популяции в целом.

В докладе рассматриваются вопросы создания новых технологий измерения индивидуального и популяционного здоровья, методы оценки динамики показателей здоровья, принципы определения трендов показателей здоровья и технологии прогнозирования состояния людей.

Материал и методы исследования: изучены статистические данные здоровья населения, пострадавшего от Чернобыльской аварии, районов, сопряженных с зоной отчуждения, интактных регионов. Помимо традиционных статистических приемов использован кластерный анализ, трендовый анализ, методы математического моделирования.

Полученные результаты. Среди лиц, непосредственно пострадавших от Чернобыльской катастрофы выделено три группы наблюдений – лица с серьезными изменениями в состоянии здоровья (доверительный интервал – 22,3 -28,5%), пациенты с без существенных изменений в состоянии здоровья пациенты с выраженной дисперсией показателей

Для сравнения рассмотрены тренды показателей лиц, проживающих на сильно загрязненных территориях в условиях мегаполисов. Соответствующие

доверительные интервалы равны 30,6 – 37,2; 22,9 – 29,4; 38,8 -48,5%.

Выводы. 1. Радиация является лишь одним из многих сильных факторов, воздействующих на здоровье человека. 2. Дисперсия основных системных показателей, определяющих жизнедеятельность человека, может являться манифестационным критерием, необходимых для построения оптимальных профилактических стратегий.

#### **German**

Die Katastrophe von Tschernobyl hat praktisch alle Vorstellungen über ein sicheres Leben auf dieser Erde verändert, so auch die Methoden der Messung der Gesundheit des Einzelnen, von Kontingenten und der Bevölkerung im Ganzen. Der Beitrag behandelt Fragen der Entwicklung neuer Technologien zur Messung der individuellen und der Bevölkerungsgesundheit, von Methoden der Bewertung der Dynamik der Gesundheitsindikatoren, von Prinzipien der Bestimmung von Trends bei den Gesundheitsindikatoren und von Technologien zur Prognose des Gesundheitszustandes.

Materialien und Methoden: Es wurden statistische Daten zur Gesundheit der Bevölkerung, die unter den Folgen des Tschernobyl-Unfalls zu leiden hatte, aus Bezirken, die mit Umsiedlungszonen verbunden sind, und aus intakten Bezirken herangezogen. Neben den traditionellen statistischen Methoden werden Cluster-Analyse, Trend-Analyse und Methoden der mathematischen Modellierung angewandt.



Erzielte Resultate: Personen, die direkt von der Tschernobylkatastrophe betroffen waren, konnten in drei Gruppen eingeteilt werden: (1) Personen mit einer deutlichen Veränderung des Gesundheitszustandes (Konfidenzintervall 22,3 – 28,5%), (2) Patienten ohne wesentliche Veränderung des Gesundheitszustandes (32,7 – 39,4%) und (3) Patienten mit erhöhter Streuung der Indikatoren (38,7 – 45,9%)

Zum Vergleich wurden die Trends der Indikatoren von Menschen herangezogen, die in den stark verschmutzten Mega-Städten leben. Die entsprechenden Konfidenzintervalle betragen 30,6 – 37,2%; 22,9 – 29,4%; 38,8 – 48,5%.

Schlußfolgerungen: 1. Strahlung ist nur einer von vielen starken Faktoren, die auf die menschliche Gesundheit einwirken. 2. Die Streuung grundlegender systemischer Indikatoren, die die Lebensführung des Menschen definieren, könnte ein Manifestationskriterium sein, das zur Entwicklung optimaler Strategien der Prophylaxe unentbehrlich ist.

39,4%), patients with evident dispersion of indicators (38,7 – 45,9%).

For comparison purposes trends of indicators of individuals living in big cities with high level of contamination were considered and the results are as follows: 30,6 – 37,2; 22,9 – 29,4; 38,8 -48,5%

Conclusion: (1) radiation is just one of the many powerful factors impacting health of individuals, (2) dispersion of main system indicators, defining human life activity, may become a manifestation criterion, required for designing optimal prophylactic strategies.

## English

Chernobyl disaster cardinally changed the way people perceived safety of life on Earth as well as methods applied to measure health of individuals, groups of people and population as a whole. The research examines issues of new technologies development for evaluating individual and population health, methods of assessing dynamics of health indicators, guidelines for determining health indicator trends and technologies for health status forecasting.

Materials and methods of investigation: study of health data of population impacted by the Chernobyl disaster, population from regions in the proximity to the zone of mandatory evacuation and population from intact regions. Besides the traditional sociological approach, cluster and trend analysis were conducted as well as the method of mathematic modeling.

Obtained results: individuals that were immediately affected by the Chernobyl disaster could be divided into 3 groups: (1) patients with considerable changes in health status (Confidence interval CI: 22,3 – 28,5%), (2) patients without considerable changes in health status (32,7 -

**Mature B-cell neoplasms in Chernobyl clean-up workers of 1986-1987: summary of cytomorphological and immunocytochemical study in 25 years after Chernobyl accident**

**Reife B-Zell-Neoplasien bei den Katastrophen Helfern von Tschernobyl 1986-1987: Ergebnisse einer zytomorphologischen und immunzytochemischen Studie 25 Jahre nach Tschernobyl**

Danylo F. Gluzman, L.M. Sklyarenko, V.A. Nadgornaya, M.P. Zavelevich

R. E. Kavetsky Institute of Experimental Pathology, Oncology and Radiobiology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

R.E. Kavetsky-Institut für experimentelle Pathologie, Onkologie und Radiobiologie, Nationale Akademie der Wissenschaften, Kiew, Ukraine

**English**

The data on the verified cases of mature B-cell neoplasms (chronic lymphocytic leukemia – CLL, B-prolymphocytic leukemia, non-Hodgkin's lymphoma in leukemization phase and multiple myeloma – MM; 146 cases in total) in the consecutive group of Ukrainian clean-up workers within 10-25 years after Chernobyl accident are summarized. B-cell neoplasms represent the most prevalent group among all diagnosed neoplasms of hematopoietic and lymphoid tissues in clean-up worker patients under study (49.4%). MM percentage in the patients of Chernobyl clean-up worker group turned out to be significantly higher than in the patients of the general populations studied at the same period. While the percentage of B-CLL is similar in clean-up worker patients and patients of general population, the trend towards younger age of patients with mature B-cell neoplasms in clean-up worker group is evident. Only the precise diagnosis of hematopoietic malignancies combining with large-scale analytical epidemiological studies with careful dose assessment and long-term follow-up may represent the basis for resolving the question whether mature B-cell neoplasms may be radiogenic.

phomen in der Leukämisierungsphase und multiplen Myelomen (MM).

B-Zell-Neoplasmen stellen mit 49,4% die größte Gruppe aller diagnostizierten Neoplasmen im hämatopoetischen und lymphoiden Gewebe bei den erkrankten Liquidatoren dieser Studie dar. Der Prozentsatz der an multiplen Myelomen (MM) leidenden Liquidatoren war signifikant höher als bei Erkrankten aus der allgemeinen Bevölkerung, die im selben Zeitraum untersucht wurden. Bei B-CLL liegt der Prozentsatz bei den erkrankten Liquidatoren und den Erkrankten aus der allgemeinen Bevölkerung in ähnlicher Höhe, jedoch ist hinsichtlich reifer B-Zell-Neoplasmen bei den Liquidatoren der Trend zu einem jüngeren Erkrankungsalter deutlich.

Nur die präzise Diagnose maligner Erkrankungen des Blutbildungssystems kann im Zusammenhang mit groß angelegten epidemiologischen Studien mit sorgfältiger Dosisabschätzung und langfristiger Folgeuntersuchung die Grundlage zur Beantwortung der Frage liefern, ob Radioaktivität die Ursache reifer B-Zell Neoplasmen ist.

**German**

Wir fassen die Daten über reife B-Zell-Neoplasmen bei einer kontinuierlichen Gruppe von ukrainischen Liquidatoren im Zeitraum von 10 bis 25 Jahren nach dem Tschernobyl-Unfall zusammen. Es handelt sich um insgesamt 146 Fälle von chronisch-lymphatischer Leukämie (CLL), B-prolymphozytischer Leukämie, Non-Hodgkin Lym-

## Radiation-induced leukemia among children aged 0–5 years at the time of the Chernobyl accident

### Strahleninduzierte Leukämie bei Kindern, die zum Zeitpunkt des Tschernobylunfalls 0-5 Jahre alt waren

Andriy G. Noshchenko<sup>1</sup>, Oleksandra Y. Bondar<sup>1</sup>, Vira D. Drozdova<sup>2</sup>

1 Department of Environmental Sciences, National University “Kiev-Mohyla Academy”, Kiev

Abteilung für Umweltwissenschaften, Nationale Universität “Kiev-Mohyla-Academy”, Kiev

2 Institute of Hematology and Blood Transfusiology of the Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev

Institut für Hämatologie und Bluttransfusiologie der Akademie der Medizinischen Wissenschaften der Ukraine, Kiev

#### English

This case-control study was conducted to estimate the radiation-induced risk of acute leukemia during the period from 1987 to 1997 among residents 0–5 years of age at the time of the Chernobyl accident in the most radioactively contaminated territories of the Ukraine (Rivno, Zhytomyr, Chernihiv and Cherkasy regions). Data were collected from 246 leukemia cases diagnosed between 1 January, 1987, and 31 December, 1997. Each case was verified and interviewed. Verified cases were compared to 492 randomly selected controls matched by age, sex, type of settlement (rural, semirural and urban) and administrative region of residency. The cumulative level of radiation exposure from the time of the Chernobyl accident to the date of diagnosis was assessed for each case and corresponding controls. Four dose-range groups were selected for statistical analysis (0–2.9, 3–9.9, 10–99.9 and 100–313.3 mGy). The risk of leukemia was significantly increased (–2.4 [95%CI: 1.4–4.0]) among those with radiation exposure doses higher than 10 mGy (p 5 0.01). The association between radiation exposure and risk was stronger among males (–2.8 [95%CI: 1.4–5.5, p 5 0.01]), and for cases of acute leukaemia that were diagnosed during the period from 1987 to 1992 (–2.5 [95%CI: 1.2–5.1, p 5 0.05]), particularly acute myeloid leukemia (–5.8 [95%CI: 1.4–24.6, p 5 0.05]). The influence of possible confounders and methods of selecting controls on the leukemia risk assessment was analyzed. The evaluated risk per unit dose is discussed.

#### German

Diese Fall-Kontrollstudie dient der Abschätzung des strahleninduzierten Risikos einer akuten Leukämie im Zeitraum von 1987 – 1997 bei Bewohnern der Ukraine, die zur Zeit des Tschernobyl-Unfalls 0 – 5 Jahre alt waren und in den am schwersten radioaktiv kontaminierten Gebieten der Ukraine (Bezirke Rivno, Zhytomir, Chernihiv und Cherkasy) leben. Daten zu 246 Fällen von Leukämie, die zwischen 1. Januar 1987 und 31. Dezember 1997 diagnostiziert wurden. Jeder Fall wurde verifiziert und interviewt. Die verifizierten Fälle wurden mit 492 zufällig ausgewählten Kontrollen, die nach Alter, Geschlecht, Wohngegend (ländlich, halbländlich, städtisch) und Bezirk zusammengestellt. Für jeden Fall und die zugeordneten Kontrollen wurde die kumulierte Strahlenexposition bis zum Zeitpunkt der Diagnose errechnet. Zur statistischen Analyse wurden vier Gruppen nach der Dosishöhe gebildet (0-2,9; 3-9,9; 10-99,9 und 100-313,3 mGray). Das Leukämierisiko war signifikant erhöht (2,4 [95% CI: 1,4 – 4,0]) bei Menschen mit Strahlendosen von über 10 mGray. Die Assoziation zwischen Strahlenexposition und Risiko war bei Männern stärker ausgeprägt (2,8 [95% CI: 1,4 – 5,5, p = 0,01]), ebenso bei zwischen 1987 und 1992 diagnostizierten Fällen von akuter Leukämie (2,5 [95% CI: 1,2 – 5,1, p = 0,05]), besonders bei akut myeloischer Leukämie (5,8 [95% CI: 1,4 – 24,6, p = 0,05]). Eventuelle andere Einflüsse und der Einfluß der Methodik der Kontrollenauswahl auf die Einschätzung des Leukämierisikos wurden analysiert. Das evaluierte Risiko pro Dosis ist diskutiert.

Gesellschaft für Strahlenschutz e.V. (GSS), German Society for Radiation Protection

25 Jahre Folgen der Tschernobyl-Katastrophe: Bilanz gesundheitlicher und ökologischer Schäden

The Chernobyl Catastrophe: Taking Stock of 25 Years of Ecological and Health Damages

Internationaler Kongreß, Berlin 6. – 8. April 2011 / International Congress, Berlin April 6 to 8, 2011

## **Die Strahleninduzierbarkeit der Chronisch Lymphatischen Leukämie (CLL)**

### **The radiation-inducibility of Chronical Lymphatic Leukemia (CLL)**

Inge Schmitz-Feuerhake

Gesellschaft für Strahlenschutz, Berlin

German Society for Radiation Protection, Berlin

#### **German**

Die Chronisch Lymphatische Leukämie (CCL) wird in der Strahlenschutzliteratur immer noch als nicht strahleninduzierbar aufgefasst und bei zahlreichen epidemiologischen Untersuchungen von vornherein als möglicher Strahleneffekt ausgeschlossen. Bei beruflich Strahlenexponierten wird sie als mögliche Berufskrankheit deshalb nicht anerkannt, obwohl die gemeldeten Fälle sich in den letzten Jahrzehnten gehäuft haben und entsprechend auch die Befunde aus Untersuchungen an bestrahlten Arbeitnehmern. Richardson und Mitarbeiter waren 2005 der Frage nachgegangen, welches strikte Ausschlusskriterium eigentlich der Ablehnung entgegensteht, und zu dem Schluss gekommen, dass in den frühen Mortalitätsstudien an den klassischen Untersuchungskollektiven wie den japanischen Atombombenüberlebenden CLL lediglich nicht beobachtet worden war. Dieses konnte aber auch nur eine Folge der extremen Seltenheit dieser Krankheit in Japan, der sehr langen Latenzzeiten im Gegensatz zu anderen Leukämien und ihres oft nicht letalen Verlaufes sein. Während akute und myeloische Leukämien in Stammzellen des Knochenmarks entstehen, bildet sich die CLL in differenzierten Lymphozyten meist vom B-Typ aus. Seit den 1980er Jahren wird sie daher von Hämatologen als niedrig malignes Non-Hodgkin-Lymphom eingestuft, seine Strahleninduzierbarkeit wird wegen dieser Analogie als wahrscheinlich angesehen. Im Jahr 2005 waren die Evidenzen aus der empirischen Forschung noch gering, weitere Ergebnisse der letzten Jahre werden vorgestellt. Das kritische Organ für strahleninduzierte CLL ist nicht – wie oft vorausgesetzt – das Knochenmark, sondern besteht aus den gesamten lymphatischen Organen und den peripheren Lymphozyten.

#### **English**

Chronic lymphatic leukemia (CLL) has been regarded as not radiation-inducible in the literature on radiation protection and is excluded ex ante as a possible effect of ionizing radiation in many epidemiological studies. It has not been recognized as an occupational disease of people professionally exposed to radiation, although registered cases have become quite frequent over the last decades. Accordingly, there is a lot of medical documentation on irradiated workers. Richardson and colleagues in 2005 examined whether there is any strict criterion to exclude CLL-patients from possible compensation benefits and concluded, that CLL had just not been observed in early mortality studies on classical collectives such as the Japanese A-bomb survivors. This might have been because the disease was extremely rare in Japan, has long latency periods in comparison with other leukemias and takes a non-lethal course quite often. While acute and myeloic leukemias originate in bone marrow hematopoietic stem cells, CLL develops from differentiated lymphocytes, mostly of the B-type. Since the 1980ies it is classified as non-Hodgkin-lymphoma of low malignity. Because of this analogy, its radiation-inducibility is considered probable. In 2005 evidence from empirical studies was scarce, so some findings of the last years will be presented. The critical organ for radiation-induced CLL is not – as is often presupposed – the bone marrow but the entire system of lymphatic organs and peripheral lymphocytes.

## **ДЕТИ ЧЕРНОБЫЛЯ. ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ НЕСТОХАСТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ОБЛУЧЕНИЯ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ**

### **Die Kinder von Tschernobyl. Die Dynamik nicht-stochastischer Strahleneffekte auf die Schilddrüse**

### **Children of Chernobyl. Dynamics of Non-stochastic Thyroid Radiation Effects**

А.К. Чебан / Anatoly K. Cheban

Научный Центр Радиационной Медицины АМН Украины  
Wissenschaftliches Zentrum für Strahlenmedizin, Akademie der Medizinischen  
Wissenschaften der Ukraine, Kiew  
Scientific Centre for Radiation Medicine, AMS of Ukraine, Kiev

#### **Russian**

Проведены систематические исследования в общей численности 18789 детей и подростков в различных областях Украины. Программы исследования тиреоидной системы включали клинический осмотр пациентов, ультразвуковое исследование щитовидной железы и определение содержания в крови гормонов тиреоидной системы.

На всем протяжении периода, прошедшего после аварии на ЧАЭС, у пострадавших отмечаются изменения в тиреоидной системе, характерные для постепенного развития нестохастических эффектов облучения щитовидной железы – хронических тиреоидитов и гипотиреозов. Течение этих заболеваний и хронологические особенности их развития носят характерные для нестохастических эффектов облучения особенности - непосредственное начало (первичная реакция) после аварии, наличие пороговой дозы облучения (близкой к 0,3 Гр) и дозозависимости на разных этапах у различных возрастных групп пострадавшего детского населения.

Изменения в тиреоидной системе, которые наблюдались у детей на протяжении первого года после аварии, можно охарактеризовать как состояние “эутиреоидной гипертироксинемии” – повышение содержания общего тироксина в крови без клинических признаков гипертиреоза. Выраженность гипертироксинемии была обратно пропорциональна возрасту детей и через 5-6 месяцев после аварии постепенно снизилась; содержание тироксина в крови детей старших возрастных групп к весне 1987 г. достигло

нормального уровня. У детей младших возрастных групп состояние “эутиреоидной гипертироксинемии” сохранялось и в 1987 г.

Дозы облучения щитовидной железы находились в зависимости от возраста. При дозах облучения щитовидной железы более 2 Гр прослеживалась дозовая зависимость частоты и выраженности гипертироксинемии.

На протяжении первого года после аварии первичная функциональная реакция щитовидной железы на облучение в виде “эутиреоидной гипертироксинемии” и кратковременной гипертиреотропинемии регрессировала. Во всех возрастных группах уровень тиреоидных гормонов в крови нормализовался. Существенных изменений частоты и структуры клинической патологии щитовидной железы к этому периоду у пострадавших не произошло, однако ультразвуковое исследование детей выявляло структурные изменения, характерные для хронического тиреоидита (фиброз).

Сопоставление данных ультразвуковых и иммунологических исследований с фактом массивного выброса в кровь биологически неактивного тироксина (возможно в связи с нарушением функции и структуры мембран тиреоцитов) дает основание охарактеризовать этот период как начало реализации нестохастических эффектов облучения щитовидной железы.

Первые клинические формы нестохастических тиреоидных эффектов облучения – хронические тиреоидиты с исходом в гипотиреоз, четко проявились начиная с 1992–1993 гг. Результаты клинических наблюдений

Gesellschaft für Strahlenschutz e.V. (GSS), German Society for Radiation Protection

25 Jahre Folgen der Tschernobyl-Katastrophe: Bilanz gesundheitlicher und ökologischer Schäden

The Chernobyl Catastrophe: Taking Stock of 25 Years of Ecological and Health Damages

Internationaler Kongreß, Berlin 6. – 8. April 2011 / International Congress, Berlin April 6 to 8, 2011

подтвердились данными официальной эпидемиологической статистики. Группу повышенного риска развития хронического тиреоидита и гипотиреоза составили дети, подвергшиеся наиболее сложному облучению щитовидной железы – сочетанию внутреннего облучения I-131 с короткоживущими изотопами йода и внешним гамма-облучением – эвакуированные из 30-км зоны ЧАЭС.

### **German**

An insgesamt 18 789 Kindern und Jugendlichen aus verschiedenen Gebieten der Ukraine wurden systematische Untersuchungen durchgeführt. Die Programme zur Untersuchung des Schilddrüsensystems umfaßten eine klinische Anamnese der Patienten, eine Ultraschalluntersuchung der Schilddrüse und eine Bestimmung des Gehalts an Hormonen des Schilddrüsensystems im Blut.

Über den gesamten Zeitraum nach dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl traten bei den Patienten Veränderungen im Schilddrüsensystem auf, wie sie für die sukzessive Entwicklung nichtstochastischer Effekte der Bestrahlung der Schilddrüse charakteristisch sind: chronische Schilddrüsenerkrankungen (Thyroiditis) und Schilddrüsenunterfunktionen (Hypothyreose). Der Trend dieser Erkrankungen und die chronologischen Besonderheiten ihrer Entwicklung weisen die Charakteristika für nicht-stochastische Strahlenwirkungen auf, nämlich das unvermittelte Einsetzen (Primärreaktion) nach dem Unfall, das Vorhandensein einer Schwellendosis (nahe 0,3 Gray) und die Dosisabhängigkeiten in verschiedenen Etappen bei den verschiedenen Altersgruppen der pädiatrischen Patientenpopulation.

Die Veränderungen im Schilddrüsensystem, die im Laufe des ersten Jahres nach dem Unfall bei Kindern festgestellt wurden, lassen sich als „euthyroide Hyperthyroxinämie“ – eine Erhöhung des Gesamtthyroxins ohne klinische Symptome einer Hyperthyreose. Die Hyperthyroxinämie zeigte sich umgekehrt proportional zum Alter der Kinder und nahm im Lauf von 5 – 6 Monaten nach dem Unfall stetig ab; der Thyroxingehalt im Blut von Kindern älterer Altersgruppen erreichte zum Frühjahr 1987 normale Werte. Bei Kindern jüngerer Altersgruppen dauerte der Zustand der

„euthyroiden Hyperthyroxinämie“ über das Jahr 1987 an.

Die Strahlendosen der Schilddrüse waren abhängig vom Alter. Bei Schilddrüsendosen von über 2 Gray wurde eine Dosisabhängigkeit der Inzidenz und der Heftigkeit der Hyperthyroxinämie gefunden.

Im Lauf des ersten Jahres nach dem Unfall nahm die primäre Reaktion der Schilddrüse auf die Bestrahlung hinsichtlich der „euthyroiden Hyperthyroxinämie“ und der kurzzeitigen Hyperthyrotropinämie wieder ab. In allen Altersgruppen normalisierte sich der Gehalt aller Schilddrüsenhormone im Blut. Wesentliche Änderungen der Inzidenz oder der klinischen Pathologie der Schilddrüsen(erkrankungen) traten zu dieser Zeit bei den Patienten nicht auf. Nur die Ultraschalluntersuchungen der Kinder zeigten strukturelle Veränderungen, wie sie für chronische Thyroiditis charakteristisch sind (z. B. Fibrose).

Eine Gegenüberstellung der Daten von Ultraschall- und immunologischen Untersuchungen mit der Tatsache einer massiven Ausschüttung biologisch nicht aktiven Thyroxins ins Blut (möglicherweise im Zusammenhang mit einer Störung von Funktion und Struktur der Membrane der Thyreozyten) bildet die Grundlage, diese Periode als Beginn der Realisierung nicht-stochastischer Effekte der Bestrahlung der Schilddrüse.

Die ersten klinischen Formen der nicht-stochastischen Schilddrüseneffekte, wie etwa chronische Thyroiditis mit dem Ausgang in eine Hypothyreose, traten seit 1992-3 klar zutage. Die Resultate klinischer Studien bestätigten sich durch die Daten der offiziellen epidemiologischen Statistik. Die Gruppe mit erhöhtem Risiko, eine chronische Schilddrüsenerkrankung oder eine Hypothyreose zu entwickeln, waren diejenigen Kinder, die der komplexesten Bestrahlung der Schilddrüse ausgesetzt waren, nämlich einer Kombination von ingestiertem Jod-131 sowie kurzlebigen Jod-Isotopen und externer Gamma-Strahlung. Es waren die Evakuierten aus der 30-km-Zone um Tschernobyl.

### **English**

Systemic health examinations have been applied in of 18789 children and adolescents in various regions of Ukraine. Thyroid system study pro-

grams that have been applied included clinical examination of the patients, ultrasound scanning of the thyroid gland, and blood serum assay for hormones of the thyroid system.

Along all the period passed since the Chernobyl NPP accident there are thyroid system disorders peculiar for the gradual genesis of non-stochastic effects of thyroid exposure to ionizing radiation i.e. chronic thyroiditis and hypothyroidism. Natural course and temporal features of those disorders are characteristic for the non-stochastic radiation effects, as they are peculiar with immediate onset (i.e. primary reaction on radiation) upon the accident, threshold radiation dose presence (being close to 0.3 Gy) and dose-dependence on various stages in different age groups of survived pediatric population.

Thyroid system disorders observed in children within first year upon the Chernobyl nuclear power plant accident can be characterized as the “euthyroid hyperthyroxinemia” state, meaning total serum thyroxine content elevation with no clinical signs of hyperthyroidism. The extent of hyperthyroxinemia was at that time inversely proportional to the age of children and the pattern gradually decreased further within 5–6 months upon the accident. Serum thyroxine in older age groups of children has normalized to the spring of 1987. The “euthyroid hyperthyroxinemia” state in younger age groups of children still remained in 1987.

Thyroid radiation doses were proportional to the age of children exposed to radiation. In case of thyroid dose values exceeding 2 Gy the dependence of hyperthyroxinemia incidence and severity on dose values was surveyed.

Within first year upon accident the primary functional reaction of the thyroid gland on ionizing radiation through the “euthyroid hyperthyroxinemia” and short-term hyperthyrotropinemia had regressed. Serum thyroid hormones level then had normalized in all age groups. No pronounced changes in clinical thyroid pathology incidence and structure occurred at that time in Chernobyl accident survivors, however thyroid ultrasound study findings in children indicated the structural changes presence being typical for the chronic thyroiditis (i.e. fibrosis).

Confrontation of ultrasound and immune studies results with massive release of biologically inactive thyroxine into the blood (probably due to the thyrocyte membranes structural and functional alterations) provides evidence to characterize the named period as the thyroid irradiation non-stochastic effects initiation

First clinical forms of non-stochastic thyroid radiation effects i.e. chronic thyroiditis and hypothyroidism have become clearly presented since 1992–1993. Clinical study results were confirmed by the data of the official epidemiological statistics. High-risk group for chronic thyroiditis and hypothyroidism onset was represented by the children exposed to the most complex mode of thyroid irradiation (i.e. combination of internal exposure from the  $^{131}\text{I}$  with short-living iodine isotopes and external gamma-irradiation) — those evacuated from the ChNPP 30-km zone

## **Vestibular Dysfunction and Sensor Neural Hearing Loss in Chernobyl Liquidators in Their Dynamics during 25 Years after the Accident**

### **Vestibularisdisfunktion und Innenohrschwerhörigkeit bei Tschernobyl-Liquidatoren in der Entwicklung über den 25-Jahreszeitraum nach dem Unfall**

Nina S. Mischanchyuk, A.I. Nyagu, Yu.A. Sushko

Institute of otolaryngology named after Prof. O.S. Kolomyichenko of the Ukrainian Academy of Medical Sciences

Nationale Akademie der Medizinischen Wissenschaften der Ukraine

#### **English**

On the base of clinical and neurophysiologic study of 7064 cleaning-up workers (liquidators) of the consequences of the Chernobyl accident in doses of 0.1–6 Sv and comparison groups, the vestibular dysfunction (VD) and sensor neural hearing loss (SNHL) functions disorders was revealed in organic mental disorders (discirculatory encephalopathy- DEP) in the remote period of exposure to ionizing radiation their comprehensive characterization was presented, the particular features were specified.

The pathology of frontal and temporal cortex, middle structures and cortical-subcortical interconnections considered to be the cerebral basis of the higher nervous activity disturbances in patients with organic mental disorders (DEP) in the remote period after exposure to ionizing radiation.

Clinical-electrophysiological patterns of appearance, development and features of clinical course of VD and sensor neural hearing loss (SNHL) cleaning-up workers of the consequences of the Chernobyl accident consequences of three groups in long-term monitoring (1986-2010) were studied: acute radiation syndrome (ARS), acute irradiation of liquidators below 1 Gy, and chronic irradiation in Chernobyl 30-km zone. Community of mechanisms and pathogenesis of radiation VD and SNHL was determined.

There were developed mathematic models for risks of vestibular dysfunction (VD) in dynamics of post-accident period and was proven emergence of determined electrophysiological radiation effects with doses higher than 0.20 Gy.

Basing on clinic-epidemiologic investigations it was proven that SNHL of presbycusis praecox type, sclerotic changes of retinal vessels, atherosclerosis of aorta in younger age categories with

long-term IR in liquidators of Chernobyl accident consequences can be estimated as signs of pre-term aging. Also were investigated influences of visual derangements on parameters of experimental nystagmus and interaction between visual and vestibular abnormalities as well as role of changes in microcirculatory and large head and neck vessels for development of VD and SNHL in liquidators depend on radiation dose and duration. The diagnostic criteria of neuropsychological syndromes in organic mental disorders in the remote period of exposure to ionizing radiation in doses more than 0,2 - 0.3 Sv were worked out.

There was validated extended treatment approach with allopathic, antihomotoxic preparations and medical leeches for VD and SNHL in liquidators as well as correction of VD with physiotherapy exercises according to Fedorova G.S. and correction of socially inadequate SNHL with digital multi-channel acoustics in binaural pairs.

#### **German**

Auf der Basis von klinischen und neurophysiologischen Untersuchungen an 7064 Liquidatoren (Aufräumarbeitern) des Unfalls von Tschernobyl mit Dosen von 0,1 – 6 Sv und an Kontrollgruppen wurden die Funktionsstörungen Vestibularisdisfunktion (VD) und Innenohr-Hörverlust (sensorneural hearing loss, SNHL) als organische mentale Störung (discirculatory encephalopathy – DEP) als Langzeitfolge von Strahlenexposition erkannt, zusammenfassend charakterisiert und ihre Besonderheiten spezifiziert.

Pathologien des Stirn- und Schläfencortex, der mittleren Strukturen und der Verbindungen zwischen Cortex und Subcortex gelten als zerebrale Basis der Störungen der höheren Nervenaktivität bei Patienten mit organischen Geistesstörungen (DEP) in der Spätzeit nach Strahlenexposition.



Die klinisch-elektrophysiologischen Muster der Entstehung, Entwicklung und Besonderheiten des klinischen Verlaufs von Vestibularisdysfunktion und Innenohr-Hörverlust wurden bei drei Gruppen von Liquidatoren untersucht, die in Langfristbeobachtung (Monitoring, 1986 – 2010) sind: solche mit akutem Strahlensyndrom (ARS), solche mit akuter Bestrahlung unter 1 Gray, sowie solche, die in der 30-km-Zone chronischer Strahlung ausgesetzt waren. Die Gemeinsamkeiten und die Pathogenese von Strahlen-VD und –SNHL wurden bestimmt.

Mathematische Modelle für die Risiken der Entstehung einer Vestibularisdysfunktion wurden für den Zeitraum nach dem Unfall entwickelt. Es wurde bewiesen, daß determinierte elektrophysiologische Strahlenwirkungen bei Dosen über 0,20 Gray entstanden.

Gestützt auf klinisch-epidemiologische Studien wurde gezeigt, daß SNHL des Typs Presbycusis praecox (verfrühte Altersschwerhörigkeit) wie sklerotische Veränderungen der Gefäße in der Retina und Arteriosklerose der Aorta in jüngeren Altersgruppen, die chronischer Strahlung ausgesetzt waren, bei den Liquidatoren

als Zeichen verfrühten Alterns anzusehen ist. Ebenso wurden die Einflüsse von Sehstörungen auf experimentell ausgelösten Nystagmus, die Interaktion zwischen Seh- und Gleichgewichtsstörungen sowie die Rolle von Veränderungen in der Mikrozirkulation und an den großen Gefäßen in Kopf und Hals auf die Entstehung von VD und SNHL bei den Liquidatoren in Abhängigkeit von Strahlendosis und Dauer der Bestrahlung. Die diagnostischen Kriterien für neuropsychologische Syndrome bei organischen Geistesstörungen als Spätfolgen einer ionisierenden Strahlenexposition mit Dosen von mehr als 0,2 – 0,3 Sv wurden ausgearbeitet.

Ein umfassender Behandlungsansatz mit allopathischen, antihomotoxischen Präparationen und medizinischen Blutegeln wurde für VD und SNHL bei Liquidatoren validiert. Außerdem wurde VD mit krankgymnastischen Übungen nach G. S. Fedorova und sozial inadäquate SNHL mit digitalen Mehrkanal-Hörmitteln auf beiden Ohren korrigiert.

## Влияние ионизирующего излучения вследствие Чернобыльской аварии на заболеваемость раком молочной железы

### Effekte ionisierender Strahlung aus dem Unfall von Tschernobyl auf die Brustkrebsinzidenz

### Effects of Ionizing Radiation Owing to Chernobyl Accident on Breast Cancer Appearance

Л.И.Хируненко<sup>1</sup>, Л.Р.Анспо<sup>2</sup>, Ю.В.Помозов<sup>1</sup>, М.Г.Соснин<sup>1</sup>, В.Г.Грищенко<sup>3</sup>, П.Федоренко<sup>4</sup>

L.I. Khyrunenko<sup>1</sup>, L.R. Anspaugh<sup>2</sup>, Yu.V. Pomozov<sup>1</sup>, M.G. Sosnina<sup>1</sup>, V.G. Gryshenko<sup>3</sup>, Z.P. Fedorenko<sup>4</sup>

1 Отдел физики радиационных процессов, Институт физики НАН Украины, Киев, Украина

Abteilung für Physik der Strahlenprozesse, Institut für Physik der Nationalen Akademie der Wissenschaften der Ukraine, Kiew, Ukraine

Department of radiation processes physics, Institute of Physics of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

2 Радиобиологическое отделение, отдел радиологии, Университет штата Юта, олт-Лэйк Сити, США

Sparte Radiobiologie, Abteilung für Radiologie, Universität Utah, Salt Lake City, USA  
Radiobiology Division, Department of Radiology, University of Utah, Salt Lake City, USA

3 Научный центр радиационной медицины Академии медицинских наук Украины, Киев, Украина

Wissenschaftliches Zentrum für Strahlenmedizin, Akademie der Medizinischen Wissenschaften der Ukraine, Kiew, Ukraine

Scientific Center for Radiation Medicine, Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

4 Отделение эпидемиологии рака, Национальный институт рака, Киев, Украина

Abteilung für Krebs-epidemiologie, Nationales Krebsinstitut, Kiew, Ukraine

Department of Epidemiology of Cancer, National Cancer Institute, Kyiv, Ukraine

#### Russian

Проводится случай-контроль исследование с целью выяснения является ли Чернобыльская катастрофа причинным фактором заболевания раком молочной железы молодых женщин Украины экспонированных вследствие Чернобыльской катастрофы. Исследуются женщины, которые во время аварии были в возрасте от -9 месяцев (внутриутробные) до 18 лет, и проживают в наиболее загрязненных вследствие аварии Житомирской, Киевской и Черниговской областях. В исследование включены 245 женщин, имеющих заболевание раком молочной железы (случаев), и 980 контрольных к ним персон, подобранных по месту жительства и социальному статусу.

Проводится уточнение накопленной дозы облучения для каждого случая и контроля, которые постоянно или временно проживали на загрязненных территориях. Дозы облучения оцениваются на основе данных официальной «паспортизации» населения с учетом индивидуальной истории места жительства, стиля жизни, профессиональной деятельности и диеты. Вычисленное отношение шансов из случай-контроль сравнений показывает взаимосвязь между накопленной дозой облучения и возникновением рака молочной железы. Исследуется совместное влияние дозы облучения и других, наиболее значимых, риск-факторов заболевания.

Работа выполнена при финансовой поддержке Научно-технологического центра Украины, проект № 4475.

### German

Zur Klärung der Frage, ob Strahlung ein auslösender Faktor bei der Brustkrebsmorbidität junger Frauen in der Ukraine ist, die der Strahlung durch die Tschernobyl-Katastrophe ausgesetzt waren, wurde eine Fall-Kontrollstudie durchgeführt. Die untersuchten Frauen waren zum Zeitpunkt des Unfalls zwischen -9 Monaten (in utero) und 18 Jahren alt und leben in den in dessen Folge am höchsten verstrahlten Bezirken Zhitomir, Kiew und Tschernigow. Die Studie umfaßt 245 Frauen mit einer Krebserkrankung der Milchdrüsen und 980 Kontrollpersonen, die zu ihnen nach Wohnort und sozialem Status passen. Für jeden Fall und jede Kontrolle, die ständig oder zeitweise in den verstrahlten Gebieten lebten, wurde die akkumulierte Strahlendosis bestimmt. Die Strahlendosen wurden auf der Grundlage der Daten der offiziellen „Kartierung“ der Bevölkerung und nach individuellem Wohnort bzw. Wohnortwechsel, Lebensstil, beruflicher Aktivität und Ernährungsgewohnheiten errechnet. Das aus dem Fall-Kontrollvergleich errechnete

Chancenverhältnis (odds ratio) zeigt einen Zusammenhang zwischen akkumulierter Strahlendosis und dem Auftreten von Brustkrebs. Wir untersuchen auch das Zusammenwirken der Strahlendosis und anderer bedeutsamer Risikofaktoren der Erkrankung.

Diese Studie wurde mit finanzieller Unterstützung des Wissenschafts- und Technikzentrums der Ukraine, Projekt-Nr. 4475, erstellt.

### English

A case-control study for elucidation whether radiation is a causative factor in breast cancer morbidity of the young women in Ukraine exposed by the Chernobyl accident has been carried out. Women investigated were aged -9 month (in utero) to 18 years at the time of accident. Territories included in study are the Zhitomir, Kyiv and Chernihiv Oblasts, which were the more contaminated by radionuclides due to accident. There were 245 cases and 980 controls matched ac-

ording to residence and social status. For each case and control living in contaminated territories the individual accumulated dose of irradiation was estimated. Radiation doses were calculated on the basis of official “passportization” data modified according to residence history, life style, professional history, and diet as determined by questionnaire. The odds ratios calculated from the case-control comparisons are indicative of a relationship between radiation dose and the development of breast cancer. The joint effect of radiation dose and other breast-cancer risk factors was investigated.

Acknowledgment: The work was supported by the Science and Technology Center in Ukraine (project № 4475).

## Der gesellschaftliche Umgang mit Radioaktivität

### Отношение общественности к радиоактивности

#### How Society Deals with Radioactivity

Phillip Sonntag / Филипп Зоннтаг

Berlin, Germany

##### German

Der Umgang mit umstrittenen Technikfolgen ist auf rein naturwissenschaftlicher Basis kaum nachvollziehbar. Er wird zu oft geprägt durch Gewohnheitsrecht und Deutungshoheit von politischen Machthabern und deren Verwaltern. Dies bestimmt das Verhalten bei vielen Schadenspotenzialen, so auch bei Radioaktivität. Politiker, Behörden, insbesondere Geheimdienste haben einen „natürlichen“ Reflex der Verschleierung von Schäden in ihrem Verantwortungsbereich.

Die Konsequenz: Für Nuancen des Luxus geht die Gesellschaft existenzielle Risiken ein. Dieses Prinzip ist kennzeichnend für drohende Katastrophen, etwa durch marode Kernkraftwerke, durch ausufernde Atomkriegsplanungen.

Die größte Gefahr geht derzeit vermutlich von Atomwaffen und schmutzigen Bomben in Nahost aus. Israel ist besonders verwundbar, es hat nur eine Breite von etwa 15 bis 135 Kilometern. Radioaktivität von schmutzigen Bomben kann über Raketen transportiert werden. Beispiel: Im Stadtgebiet von Jerusalem sind 1204 Synagogen, 158 Kirchen und 73 Moscheen. Jede von diesen Städten, ebenso jede Wohnung, jede Firma, jede Behörde kann durch eine verhältnismäßig geringe (noch nicht krankheitsverursachende) Menge von Radioaktivität unbetretbar (auf Grund gültiger Gesetze) werden. Je nach Art der Verbreitung von Radioaktivität kann es wenige Gebäude bis mehrere Orte betreffen.

Die amerikanischen Planungen von Atomwaffeneinsätzen mit ihren gigantischen Zielvorgaben sind ein krasses Beispiel für die Gefahr extremer Verstrahlungen. Noch 1986 hatte der Atomkriegsplan SIOP 16.000 Objekte in der Sowjetunion als Ziele vorgesehen. Ganz entsprechend wurden massive amerikanische Präventivschläge gegen „Schurkenstaaten“ ausgearbeitet: In Übungen wie „Desert Breeze“ und „Eagle Resolve“ wurden Einsätze von ABC-Waffen durch potenzielle Gegner in Nahost geprüft. Schon vor 9/11 in

2001 waren hunderte Ziele in Schwellenländern festgelegt worden.

Aktuell wird der Bevölkerungsschutz europaweit einheitlich modernisiert und integriert. Dabei verwendet wird eine Fülle von unstrittigen, wie auch von umstrittenen Daten über den Umgang mit Radioaktivität in Frieden und Krieg. Die laufend verbesserte Informationstechnik kann helfen, hierzu einen zunehmend sachlichen Dialog zu erreichen.

##### Russian

Рассмотрение последствий спорных технологий лишь на базе достижений естественных наук понять трудно. Чаще всего оно диктуется обычным правом и правом на интерпретацию политических властителей и исполнителей их воли. Подход этот определяет отношение общественности к многочисленным потенциально опасным событиям, в том числе и к проблемам радиоактивности. Политические деятели, ведомства, и в частности секретные службы, выработали «естественный» рефлекс сокрытия ущерба, нанесенного в сфере их ответственности.

Последствия: Ради сохранения своего благосостояния общество готово подвергнуть риску свое собственное существование. Такое положение вещей типично и в ситуациях грозящих катастроф, которые могут быть вызваны, например, изношенными атомными электростанциями или планированием ядерных войн, выходящим за пределы разумного.

На сегодняшний день максимальную опасность представляют, по-видимому, ядерное оружие и «грязные» бомбы на Ближнем Востоке. В этом отношении особенно уязвим Израиль. Ширина этой страны составляет от 15 до 135 километров.

Радиоактивность «грязных» бомб может быть распространена посредством ракет. В качестве примера: На городской территории Иерусалима расположены 1204 синагоги, 158 церквей и 73 мечети. Каждый из этих объектов, а также каждую квартиру, каждую фирму и каждое ведомство можно относительно малыми количествами радиоактивных веществ, еще не вызывающих симптомов болезни, сделать непригодными к использованию (на основании действующего законодательства). В зависимости от способа распространения радиоактивности могут быть поражены от нескольких зданий вплоть до нескольких населенных пунктов.

Американские планы по применению атомного оружия с их огромным количеством целей ядерных ударов являются вопиющим примером опасности экстремального радиоактивного заражения. Еще в 1986 году план ведения ядерной войны «SIOP» (Единый комплексный оперативный план) предусматривал в качестве цели 16.000 объектов в Советском Союзе. Совершенно аналогично были разработаны и массивные американские предупредительные удары против «государств-негодяев». В маневрах, таких как «Desert Breeze» (Бриз в пустыне) и «Eagle Resolve» (Решимость орла), была проработана возможность использование атомного, биологического и химического оружия потенциальными противниками на Ближнем Востоке. Еще до 11-го сентября 2001 года были определены сотни целей в странах с переходной экономикой.

В настоящее время защита населения по всей Европе модернизируется и внедряется с использованием единых стандартов. При этом применяется большое количество неоспоримых, а также спорных данных, касающихся обращения с радиоактивностью в мирное и военное время. Постоянно улучшающаяся информационная техника может способствовать достижению более конструктивного диалога.

**Mittwoch, 6. April 2011 / Wednesday, April 6, 2011**

16.30 – 18.00 Uhr Sitzung 4 / 4.30 – 6.00 p.m. Session 4:

Politische Langzeitschäden

Political Longterm Damages

## **Die seltsame Geschichte der ICRP**

### **The Mysterious History of ICRP**

Wolfgang Köhnlein

Institut für Strahlenbiologie, Westfälische Wilhelms-Universität Münster

#### **German**

Auf dem Gebiet des Strahlenschutzes hat eine einzige Expertenorganisation einen besonders großen Einfluss auf die Formulierung von Strahlenschutzbestimmungen. Diese Organisation ist die International Commission on Radiological Protection (ICRP), die Internationale Strahlenschutzkommission. Ihre Empfehlungen sind Grundlage für die nationalen Strahlenschutzgesetzgebungen. Die ICRP ist eine einmalige Organisation. Es gibt keine vergleichbare Einrichtung für die Regulierungen anderer Gefahrenstoffe am Arbeitsplatz und in der Umwelt.

Die ICRP besteht aus 13 Wissenschaftlern. Sie ist keine regierungsamtliche Organisation, ernennt ihre Mitglieder selbst und wird weithin als höchste Autorität auf dem Gebiet des Strahlenschutzes betrachtet.

Sie quantifiziert nicht nur die in Frage stehende Gefährdung, sondern bestimmt auch den Umgang der Gesellschaft mit dieser Gefahr. Es wird ein historischer Rückblick über die Geschichte und die Aktivitäten der ICRP vorgestellt und deutlich gemacht, dass ihre Empfehlungen in der Vergangenheit nicht dem Stand der Wissenschaft entsprachen. Aber auch in der Gegenwart ist eine Revision der gültigen Empfehlungen längst überfällig.

#### **English**

In the field of radiation protection a single expert organisation has a very large influence on the formulation of recommendations for radiation protection.

This organisation is the ICRP (International Commission on Radiation Protection). Their recommendations are the basis for national radiation protection legislation.

The ICRP is an unique organisation. There is no comparable institution for the regulation of other health hazards at the work place and in the envi-

ronment. The ICRP consists of 13 scientists. It is a non governmental organisation. It appoints its own members and is widely considered the highest authority in the field of radiation protection.

The ICRP not only quantifies hazards in question but also determines how society should handle this hazard.

A historical review of the activities and recommendations of the ICRP will be given and it will be made clear, that their recommendations in the past did not represent the latest development in science. Also, at present a revision of their recommendation is long overdue.

## **Mayak 1957, ein Vorläufer der Katastrophe von Tschernobyl. Zwei wenig bekannte Folgen für die biologischen Wissenschaften und die öffentliche Wahrnehmung**

**Маяк 1957, предшественник чернобыльской катастрофы Название: Два мало известных последствия для биологических наук и для общественного восприятия**

**Mayak, 1957. A Forerunner of the Chernobyl Catastrophe. Two Little Known Consequences for Biological Sciences and Public Perception**

Jürg Ulrich

Universität Basel, Schweiz / Basel University, Switzerland

### **German**

Am 29. September 1957 fand im Mayak, einem Reaktor in der Nähe von Cheljabinsk in Behältern nuklearer Abfälle eine Explosion statt, welche die damalige sowjetische Führung unter Chruschchëv zu verheimlichen suchte. Immerhin versuchte sie, die gesundheitlichen Schäden möglichst klein zu halten. Dazu gehörte insbesondere, die Aufspürung von Erbschäden in der Umgebung der Unglücksstätte. Die Fachwelt zog hierzu, Timofeev Resovskij bei. Dies bedeutete die gehobene Anstellung eines Lagerhäftlings wegen dessen Verdiensten um die Genetik. Die Sowjetregierung nahm mit dieser Ernennung einen Sprung über den eigenen Schatten vor, denn Genetik galt seit Stalins Zeit als eine bourgeoise Wissenschaft, welche durch die "proletarischen" genetischen "Konzepte" Lysenkos verdrängt wurde. Timofeev-Resovskij wurde erlaubt, in der Bevölkerung der betroffenen Bezirke genetische Untersuchungen durchzuführen und die hierzu nötigen Fachkräfte auszubilden. Diese wurden zum Kern des Wiederaufbaus der genetischen Wissenschaften in der Sowjetunion nach Lysenkos Entmachtung.

Das internationale Prestige der Sowjetunion war zum Zeitpunkt des Unfalls im Mayak sehr niedrig, hatte sie doch ein knappes Jahr vorher die ungarische Revolution von 1956 unterdrückt. Das internationale bekannt werden von Mayak hätte dieses Prestige wohl weiterhin geschädigt. Wenige Tage nach dem Unfall wurde aber der Sputnik, der erste Erdsatellit gestartet. Der Vortragende vermutet, dass der Start desselben beschleunigt wurde, um die Weltöffentlichkeit von "Mayak" abzulenken.

### **Russian**

29-го сентября 1957 года на Маяке, реакторе вблизи Челябинска, в емкостях с радиоактивными отходами произошел взрыв, который тогдашнее советское правительство под руководством Хрущева попыталось скрыть. Тем не менее, им были предприняты попытки свести к минимуму ущерб для здоровья. К таким мерам, в частности, относилось выявление наследственных дефектов в окрестностях места аварии. Научный мир привлек для этого Тимофеева-Ресовского. Это означало назначение на высокую должность лагерного пленного, имеющего заслуги в области генетики. Советское правительство этим назначением перешагнуло через собственную тень, ибо генетика со сталинских времен считалась буржуазной наукой, вытесненной «пролетарскими концепциями» генетики Лысенко. Тимофееву-Ресовскому разрешили проведение генетических исследований на пораженной территории и обучение специалистов, необходимых для таких работ. Эти обученные кадры впоследствии стали ядром в процессе восстановления генетических наук в Советском Союзе после лишения Лысенко власти.

Международный престиж Советского Союза к моменту, когда произошла авария на Маяке, был весьма низким, так как в 1956 году, всего за год до этого события, была подавлена венгерская революция. Обнародование факта аварии на Маяке принесло бы этому престижу дополнительный ущерб. Через несколько дней после аварии был запущен первый искусственный спутник земли. Докладчик предполагает, что запуск спутника был

**Mittwoch, 6. April 2011 / Wednesday, April 6, 2011**

16.30 – 18.00 Uhr Sitzung 4 / 4.30 – 6.00 p.m. Session 4:

Politische Langzeitschäden

Political Longterm Damages

ускорен с целью отвлечения внимания  
мировой общественности от аварии на Маяке.

### **English**

On September 29, 1957 there was an explosion in containers filled with nuclear waste at Mayak, a nuclear reactor near Chelyabinsk. The then Soviet leadership under Chruschchev tried to cover this up. Still, they tried to keep health damages as small as possible. Particular attention was paid to the detection of hereditary damages in the surroundings of the disaster site. The scientists in charge coopted the renowned geneticist N. A. Timofeev Resovskij. This meant a prominent position for an inmate of a punitive camp. The Soviet government thus made a complete reversal in ideology, because since the Stalin era genetics was regarded as a bourgeois science, to be replaced by Lysenko's "proletarian" genetic "concepts". Timofeev-Ressovskij was allowed to conduct genetical studies among the population of the contaminated regions and to teach the necessary specialists. These in turn became the core of reconstructing genetic sciences in the Soviet union after Lysenkos fall from power.

The international prestige of the Soviet Union at the time was very low, because barely a year before it had suppressed the Hungarian revolution of 1956. Had the Mayak accident become known internationally, its prestige would have fallen even further. A few days after the accident, however, the first space satellite was launched. The present author surmises, that the launch was accelerated to draw international attention off Mayak.



## ЧТО МЫ ЗНАЕМ О ГЕНЕТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТАХ НИЗКИХ ДОЗ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ ПОСЛЕ 25 ЧЕРНОБЫЛЬСКИХ ЛЕТ?

**Was wir über die genetischen Effekte niedriger Dosen ionisierender Strahlung  
nach 25 Tschernobyljahren wissen**

**What Do We Know about Genetic Effects of Low Doses Ionizing Radiation  
Following 25 Chernobyl Years?**

Р.И. Гончарова / Rose I. Goncharova

Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск

Institut für Genetik und Zytologie, Nationale Akademie der Wissenschaften von  
Belarus, Minsk, Republik Belarus

Institute of Genetics and Cytology National Academy of Sciences of Belarus, Minsk

### Russian

За прошедшие годы для соматических и половых клеток млекопитающих, в том числе и человека, убедительно доказаны генетические эффекты низких доз ионизирующей радиации (ИР), полученные при низкой мощности дозы (100 мЗв и ниже), и открыты новые феномены, возникающие под воздействием ИР. Так, нами установлены генетические эффекты хронического воздействия очень малых доз ИР (в диапазоне от близких к фоновым и до 10 сГр), обусловленных воздействием Чернобыльских радионуклидов, для лабораторных мышей, европейской рыжей полевки, природные популяции которой населяли различные районы Беларуси (8 – 1526 кБк/м<sup>2</sup>), и прудового карпа (Ryabokon et al., 2005; Ryabokon, Goncharova, 2006, 2007). Генетическая радиочувствительность соматических клеток рыжей полевки и периферических лимфоцитов человека, а также половых клеток лабораторных мышей близки друг другу (Smolich, Goncharova, 2002), что позволяет использовать рыжую полевку в качестве модельного объекта для оценки радиационного риска у человека.

Хорошо известен феномен прямого эффекта мощности дозы, который означает, что радиационный риск уменьшается с уменьшением мощности дозы. Принципиально новым и важным феноменом является наличие обратной зависимости радиационного эффекта от мощности дозы, которая выявлена у млекопитающих и человека в низком диапазоне мощностей доз. Нами показано, что генетическая

эффективность хронического облучения рыжей полевки при очень низкой мощности дозы, рассчитанная на единицу дозы, гораздо выше по сравнению с генетической эффективностью острого облучения при высокой мощности дозы (Smolich, Goncharova, 2002; Goncharova et al., 2005). Канцерогенные риски хронического облучения с низкой мощностью дозы у объединенной когорты рабочих ядерной индустрии 15 стран (Cardis et al., 2007) и у когорты жителей реки Теча (Krestinina et al., 2005, 2007) оказались выше, чем канцерогенные риски для японской когорты, получившей острое облучение с высокой мощностью дозы.

Радиационно-индуцированная геномная нестабильность и эффект свидетеля являются новыми феноменами, вклад которых в возникновение долговременных последствий у людей при их хроническом облучении низкими дозами еще предстоит оценить. Нами впервые показано трансгенерационное накопление радиационных повреждений и наличие геномной нестабильности на протяжении многих поколений в природных популяциях рыжей полевки под воздействием хронического облучения с очень низкой мощностью дозы (Ryabokon, Goncharova, 2006, 2007). Такие кооперативные многоклеточные радиационные эффекты, как геномная нестабильность и эффект свидетеля, показывают насыщение при низких дозах. Целостность генома у населения, проживающего в радиационно-загрязненных районах, изучается нами с помощью новой ДНК-технологии и оригинального дизайна

определения геномной нестабильности (Smal et al., 2010).

Комплексный транскрипционный ответ является новым феноменом радиобиологии, который продемонстрирован как на клеточных культурах человека, так и в соматических клетках людей, подвергающихся хроническому воздействию ИР. Установлено, что он индуцируется под воздействием низких доз (100 мГр и ниже) и различается при облучении низкими и высокими дозами относительно числа и типа по-разному экспрессируемых генов (RISC-RAD project, 2008).

Показано, что ИР обуславливает кластерные повреждения ДНК, однако типы кластерных повреждений различаются при действии высоких и низких доз (RISC-RAD project, 2008).

Понимание последствий различных радиационных эффектов, обусловленных хроническим воздействием низких доз, для здоровья людей является приоритетной задачей будущих лет. Поскольку все население Европы подверглось воздействию Чернобыльской аварии, то оценка генетических последствий низких уровней радиации необходима для прогноза здоровья десятков и сотен миллионов людей и их потомков.

### **German**

In den vergangenen Jahren sind für Somazellen und Keimzellen von Säugetieren, darunter auch des Menschen, genetische Effekte niedriger Dosen ionisierender Strahlung, die bei niedriger Dosis (100 mSv und weniger) aufgenommen wurde, überzeugend nachgewiesen worden. Auch wurden neue Phänomene entdeckt, die unter der Wirkung ionisierender Strahlen entstanden. So konnten wir genetische Effekte der kontinuierlichen Wirkung sehr kleiner, durch Aktivität von Tschernobylradionukliden bedingter Strahlendosen (im Bereich zwischen der Hintergrundstrahlung bis 10 cGray), nachweisen, und zwar an Labormäusen, an Rötelmäusen, deren Populationen in verschiedenen Gebieten von Belarus (mit Bodenbelastungen von 8 – 1526 kBq/m<sup>2</sup>) und Teichkarpfen (Ryabokon et al. 2005, Ryabokon, Goncharova 2006, 2007). Die genetische Strahlenempfindlichkeit der Somazellen von Rötelmäusen und der peripheren

Lymphozyten des Menschen, aber auch der Keimzellen von Labormäusen, ist ähnlich (Smolich, Goncharova 2002), was erlaubt, die Rötelmaus als Modellobjekt für die Bewertung des Strahlenrisikos beim Menschen einzusetzen.

Das Phänomen eines direkten Effekts der Dosishöhe ist gut bekannt; es bedeutet, daß das Strahlenrisiko mit abnehmender Dosis sinkt. Ein grundsätzlich neues und wichtiges Phänomen ist das Auftreten einer inversen Abhängigkeit der Strahlenwirkung von der Höhe der Dosis bei Säugetieren und beim Menschen im Niederdosisbereich. Wir konnten zeigen, daß die genetische Wirksamkeit einer kontinuierlichen Bestrahlung von Rötelmäusen bei sehr niedrigen Dosen, bezogen auf die Doseinheit, um vieles höher ist als die genetische Wirksamkeit einer akuten Bestrahlung mit hoher Dosis (Smolich, Goncharova 2002, Goncharova et al. 2005). Die Krebsrisiken einer chronischen Niederdosisbestrahlung bei einer zusammengefaßten Kohorte von Arbeitern in der Atomindustrie aus 15 Ländern und bei einer Kohorte der Anwohner des Flusses Tetscha (Krestinina et al. 2005, 2007) erwiesen sich als höher als die Krebsrisiken für die japanischen Kohorte, die eine akute Bestrahlung mit hoher Dosis erhalten hatte.

Die strahleninduzierte genomische Instabilität und der Bystander-Effekt sind neue Phänomene, deren Beitrag zur Entstehung langfristiger Folgen bei Menschen unter chronischer Niederdosisbestrahlung noch nicht bewertet ist. Wir konnten zum ersten Mal bei Populationen von wild lebenden Rötelmäusen unter chronischer Niederdosisstrahlung zeigen, daß sich Strahlenschäden über die Generationen akkumulieren und über viele Generationen genomische Instabilität auftritt (Ryabokon, Goncharova 2006, 2007). Zusammenwirkende und multizelluläre Strahleneffekte wie genomische Instabilität und Bystander-Effekt erhöhen sich bei niedrigen Dosen überproportional. Die Unversehrtheit des Genoms bei der Wohnbevölkerung in radioaktiv verschmutzten Gebieten untersuchen wir mit Hilfe einer neuen DNA-Technologie und mit einem von uns entwickelten Design zur Bestimmung genomischer Instabilität (Smal et al. 2010).

Die komplexe Transkriptionsreaktion ist ein neues Phänomen, das sich sowohl an Kulturen von Humanzellen als auch an Somazellen der Menschen zeigen läßt, einer chronischen radioaktiven Be-

strahlung ausgesetzt sind. Es steht fest, daß sie unter der Wirkung niedriger Dosen (100 mGray und niedriger) induziert wird und sich bei Bestrahlung mit niedrigen und hohen Dosen hinsichtlich der Anzahl und des Typs vielfältiger Genexpressionen unterscheidet (RISC-RAD Project 2008).

Es ist erwiesen, daß ionisierende Strahlung Verletzungscluster der DNA verursacht, jedoch unterscheiden sich die Typen der Verletzungscluster je nach der Einwirkung hoher oder niedriger Dosen (RISC-RAD project, 2008).

Die durch chronische Niederdosisstrahlung hervorgerufenen Folgen der verschiedenen Strahleneffekte für die menschliche Gesundheit zu verstehen, ist für die nächsten Jahre eine Aufgabe, die Priorität hat. Da ja die gesamte Bevölkerung Europas den Auswirkungen des Unfalls von Tschernobyl unterworfen war, ist eine Bewertung der genetischen Folgen niedriger Dauerstrahlung unverzichtbar für eine Prognose von hunderten Millionen Menschen und ihrer Nachkommen.

### English

Genetic effects of low doses of ionizing radiation (IR) obtained under low dose rate were convincingly proved over the past years for somatic and germ cells of mammals including human. New phenomena induced by IR were discovered. Thus, we have revealed genetic effects of low doses (ranging from close to background to 10 cGy) caused by fallout radionuclides on laboratory mice, bank vole, whose natural populations inhabited various regions of Belarus (8 – 1526 kBq/m<sup>2</sup>), and pond carp (Goncharova, 2000; Ryabokon et al., 2005; Ryabokon, Goncharova, 2006, 2007). Genetic radiosensitivity of bank vole somatic cells and human peripheral lymphocytes, as well as of laboratory mice germ cells is close to each other (Smolich, Goncharova, 2002), that makes it possible to use bank vole as model object for assessment of the radiation risk in human.

The phenomenon of a direct dose-rate effect is well known. It means that radiation risk decreases with reduction of dose rate. Inverse radiation dose-rate effects which was revealed in mammals and human in a very low range of dose-rate, is a new and important phenomenon in essence. We have shown that the genetic efficiency of the chronic low-dose rate exposure calculated per unit of dose is much higher as against that of acute ir-

radiation with high dose rate (Smolich, Goncharova, 2002; Goncharova et al., 2005). Carcinogenic risks of chronic irradiation in a combined cohort of nuclear workers from 15 countries (Cardis et al., 2007) and in the cohort of the river Techa's inhabitants (Krestinina et al., 2005, 2007) were proved to be higher than those for the Japanese cohort exposed to acute irradiation with high dose rate.

Radiation-induced genomic instability and bystander effect are novel phenomena, contribution of which to long-term consequences in people exposed to low level chronic radiation has still to be assessed. We have shown for the first time transgenerational transmission and accumulation of radiation damage attributable to the chronic low-dose rate exposure of the proceeding generations of bank vole (Ryabokon, Goncharova, 2006, 2007). Such cooperative multicellular radiation effects as genomic instability and bystander effects show saturation at very low doses. The genomic integrity in people permanently living in radioactively contaminated regions in the Republic of Belarus is being studied by us by means of a new DNA-technology and original experimental design for determining genomic instability (Smal et al., 2010).

A complex transcriptional response is a new radiobiology phenomenon which was demonstrated in both human cultivated cells and somatic cells of people exposed to chronic low level radiation. This transcriptional response was revealed to be induced by low levels of exposure (100 mGy and below) and to differ under exposure to low and high doses with respect to the number and type of differently expressed genes (Amundson et al., 2001; RISC-RAD project, 2008).

IR was shown to induce clustered DNA damage however types of clustered DNA damage differ at high and low doses (RISC-RAD project, 2008).

Understanding of consequences of different radiation effects induced by low level chronic radiation exposure is the task of high priority for evaluation of public health risk in future. Since the whole population of Europe was exposed to the Chernobyl fallout, assessment of genetic consequences of low-dose radiation is necessary for predicting the health state of dozen and hundreds of millions of people and their progeny.

## **Die Bedeutung der Tschernobylforschung für die Neubewertung des genetischen Strahlenrisikos beim Menschen**

### **Relevance of the Chernobyl Research for a New Evaluation of Genetic Radiation Risks in Humans**

Inge Schmitz-Feuerhake

Gesellschaft für Strahlenschutz, Berlin  
German Society for Radiation Protection, Berlin

#### **German**

Aufgrund von Forschungsergebnissen aus Tierversuchen und Beobachtungen beim Menschen muss mit folgenden Erbschäden bei den Nachkommen bestrahlter Eltern durch ionisierende Strahlung gerechnet werden: 1) schwerwiegende Entwicklungsstörungen (Aborte, geringes Geburtsgewicht, perinatale Sterblichkeit, früher Kindstod, Fehlbildungen, Unfruchtbarkeit, durch gravierende Chromosomen- oder Genanomalien bedingte Krankheiten), 2) Krebs im Kindes- oder Erwachsenenalter, 3) Immunschwäche und multiple Degenerationserscheinungen. Alle diese Arten von Schädigungen wurden in Bevölkerungen festgestellt, die durch den Tschernobylfallout betroffen waren sowie bei den Kindern der Liquidatoren. Dieses steht im Widerspruch zu der Risikoschätzung durch die ICRP, die ausschließlich dominante Effekte in der 1. Generation betrachtet und einen überaus niedrigen Risikofaktor für Niederdosiseexpositionen ableitet. Sie beruft sich auf die Befunde bei den japanischen Atombombenüberlebenden, die jedoch aus verschiedenen Gründen nicht übertragbar sind. Die ständig ansteigende Strahlenbelastung der Menschen durch diagnostische Maßnahmen erfordert es, die Gefährdung der nachfolgenden Generationen zu bedenken, und die Tschernobylkenntnisse in ein adäquates neues Schutzkonzept für Patienten und beruflich strahlenexponierte Personen einzubringen.

#### **English**

As was observed in experimental research and in humans, the following effects must be expected after exposure of the gonads by ionizing radiation in the progeny: 1) severe developmental damage (abortion, low birthweight, perinatal death, death in early childhood, malformations, infertility, diseases caused by gross mutations in chromosomes or essential genes), 2) cancer in child- or adulthood, 3) physiological inferiority. All these damages have been found in populations exposed by Chernobyl fallout and in the descendants of liquidators. This is in contradiction to the evaluation of the ICRP who regards only dominant diseases in the F1 generation and derives a very low risk figure for low dose exposures. They refer to the findings in the Japanese atomic bomb survivors which are questionable, however, for several reasons. Rising radiation burdens to mankind by diagnostic exposures make it necessary to realize the danger to the following generations and to implement the Chernobyl results in a new concept of radiation protection for patients and occupationally exposed people.

## Importance of cytogenetic investigation after radiation accidents and extraordinary situations

### Die Bedeutung zytogenetischer Untersuchungen nach Nuklearunfällen und außerordentlichen Situationen

Galina P. Snigiryova<sup>1</sup>, Novitskaya N.N.<sup>1</sup>, Khazins E.D.<sup>1</sup>, Popova G.M.<sup>2</sup>

1 Russian Scientific Center of Roentgenology & Radiology, Ministry of Health, Russian Federation, Moscow

Russisches Wissenschaftszentrum für Röntgenologie und Radiologie, Gesundheitsministerium der Russischen Föderation, Moskau

2 Trapeznikov Institute of Control Sciences RAS, Moscow

Trapeznikov-Institut für Steuerungswissenschaften der Russischen Akademie der Wissenschaften, Moskau

#### English

Analysis of chromosome aberrations in blood lymphocytes has found wide use in examinations of individuals exposed to radiation as a result of accidents and extraordinary situations. The results of cytogenetic analysis serve as a basis for estimating absorbed radiation doses and for predicting possible negative effects of irradiation.

Among biological methods of dosimetry the cytogenetic method is undeniable most widely spread and best studied. This method is based on the analysis of the frequency of chromosome aberrations in blood lymphocytes of the human organism exposed to radiation. Standard dose-effect curves are obtained after in vitro irradiation of blood cells for quantitative determination of the doses of exposure. By comparing the data on the frequency of cells with chromosome aberrations with a calibration curve it is possible to estimate the irradiation dose. Radiation may cause two types of chromosome aberrations: unstable (dicentrics, centric rings) and stable (translocations). The most often used for the purposes of biological dosimetry is the frequency of dicentrics and centric rings in peripheral blood lymphocytes. As a rule, the frequency of dicentrics permits estimating the dose of acute irradiation at early periods after exposure. Retrospective dose assessment by the frequency of dicentrics is unfortunately not always possible. This is first of all due to the elimination of cells with unstable chromosome aberrations with time. The most promising cytogenetic method for retrospective assessment of irradiation doses is analysis of stable translocations by FISH. The frequency of translocations remains constant

during a long period (years) after irradiation. Potentialities of cytogenetic methods in estimation of human irradiation doses will be demonstrated in our report.

Taking into account that chromosome aberrations are sensitive markers of the action of radiation on the human organism and that the radiation factor plays a negative role in the development of the somatic pathology, an attempt was undertaken to analyze the correlation between the level of the somatic pathology and the frequency of chromosome aberrations in a group of liquidators of the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP). The results of our investigation suggesting an association between the level of chromosome aberrations and the noncancer pathology (cardiovascular diseases) are undoubtedly of great value for substantiated prediction of late postradiation pathologies and for an adequate choice of criteria for forming groups with the risk of development of nontumor pathologies among exposed individuals.

#### German

Die Analyse von Chromosomenaberrationen in den Lymphozyten des Blutes wird weithin bei der Untersuchung von Personen angewandt, die durch Unfälle oder außerordentliche Situationen radioaktiver Strahlung ausgesetzt waren. Die Resultate der zytogenetischen Analyse dienen als Grundlage, absorbierte Strahlendosen abzuschätzen und mögliche negative Folgen der Bestrahlung vorauszusagen.

Unter den biologischen Methoden der Dosimetrie ist die zytogenetische Methode ohne Zweifel am weitesten verbreitet und am besten untersucht.

Die Methode beruht auf der Analyse der Häufigkeit von Chromosomenaberrationen in den Lymphozyten im Blut des strahlenexponierten menschlichen Organismus. Standardkurven der Dosis-Wirkungsverhältnisse werden durch Bestrahlung in vitro von Blutzellen zur quantitativen Bestimmung der Strahlendosen ermittelt. Durch einen Vergleich der Häufigkeit von Zellen mit Chromosomen-Aberrationen mit einer Kalibrierungskurve wird die Abschätzung der Strahlendosis möglich. Strahlung kann zwei Typen von Chromosomenaberrationen verursachen: instabile (Dizentrika; zentrische Ringe) und stabile (Translokationen). Am gebräuchlichsten ist in der biologischen Dosimetrie die Bestimmung der Häufigkeit von Dizentrika und zentrischen Ringen in den Lymphozyten des peripheren Blutes. In der Regel erlaubt die Häufigkeit von Dizentrika, die Dosis akuter Strahlung in früheren Perioden nach der Exposition abzuschätzen. Allerdings ist eine retrospektive Dosisabschätzung nach der Häufigkeit der Dizentrika nicht immer möglich. Das liegt vor allem daran, daß Zellen mit instabilen Chromosomenaberrationen im Laufe der Zeit eliminiert werden. Die aussichtsreichste zytogenetische Methode zur retrospektiven Dosisabschätzung ist die Analyse der stabilen Translokationen durch FISH. Die Häufigkeit der Translokationen bleibt über eine lange Zeit (Jahre) nach der Bestrahlung stabil. Die Potentiale der zytogenetischen Methoden zur Abschätzung von Strahlendosen beim Menschen werden in unserem Bericht gezeigt.

Chromosomenaberrationen sind sensitive Marker für die Wirksamkeit von Strahlung im menschlichen Organismus, und der Faktor Strahlung spielt eine negative Rolle in der Entwicklung somatischer Erkrankungen. Unter Berücksichtigung dieser Tatsachen haben wir versucht, die Korrelation zwischen dem Spiegel der somatischen Erkrankungen und der Häufigkeit von Chromosomenaberrationen bei einer Gruppe von Liquidatoren des Unfalls im Kernkraftwerk Tschernobyl zu analysieren. Die Ergebnisse unserer Untersuchung, die eine Assoziation zwischen der Höhe der Chromosomenaberrationen und nicht-kanzerösen Erkrankungen (Herz-Kreislaufkrankungen) nahelegen, sind zweifellos von großem Wert für begründete Vorhersagen für späte Erkrankungen nach Strahlenbelastung und für die angemessene Auswahl von Kriterien, nach denen Risiko-

gruppen für non-Tumor-Erkrankungen unter strahlenexponierten Individuen gebildet werden.

## Results of Cytogenetic Examination of Population after Accidental Exposure to Ionizing Radiation

### Ergebnisse zytogenetischer Bevölkerungsuntersuchungen nach Strahlenexposition durch Nuklearunfälle

Galina P. Snigiryova, Novitskaya N.N., Khazins E.D.,

Russian Scientific Center of Roentgenology & Radiology, Ministry of Health, Russian Federation, Moscow

Russisches Wissenschaftszentrum für Röntgenologie und Radiologie, Gesundheitsministerium der Russischen Föderation, Moskau

#### English

Various groups of people exposed to ionizing radiations were examined: inhabitants of Bryanskaya region contaminated with radionuclides as the result of the Chernobyl NPP accident,

population of the Altai region and Kazakhstan living in the neighbourhood of the Semipalatinsk nuclear testing site, inhabitants of the Techa river regions contaminated with radionuclides and the population from the Tree Mile Island nuclear power plant area. The cytogenetic examination included the analysis of unstable chromosome aberrations by the conventional method after FPG-staining and the analysis of stable translocations by the FISH method in peripheral blood lymphocytes.

The use of cytogenetic methods for examination of different groups of irradiated people permitted us to reveal increased levels of unstable and stable chromosome aberrations in peripheral blood lymphocytes. The frequency of stable chromosome aberrations - translocations was used for retrospective assessment of doses in the examined groups. The accumulated doses estimated by the FISH method with regard to the character of exposure for the populations of seven localities of the Altai region and Kazakhstan were in range from 240 to 730 mSv, for the population of the Tree Mile Island nuclear power plant area – 360 mSv, for inhabitants of the Techa river regions – 670 mSv.

mit Radionukliden kontaminiert ist, Populationen aus der Altairegion und Kasachstan, die in der Nachbarschaft des Atomtestgebietes von Semipalatinsk leben, Anwohner des Flusses Techa, der mit Radionukliden kontaminiert ist, sowie eine Population aus dem Gebiet um den Reaktor Three Mile Island. Die zytogenetische Untersuchung umfaßte die Analyse instabiler Chromosomenaberrationen mit der konventionellen Methode nach Fluoreszenzfärbung und die Analyse stabiler Translokationen nach der FISH-Methode in Lymphozyten des peripheren Blutes.

Die Anwendung zytogenetischer Methoden zur Untersuchung verschiedener Gruppen bestrahlter Personen ermöglichte uns die Entdeckung erhöhter Anteile instabiler und stabiler Chromosomenaberrationen in den Lymphozyten des peripheren Blutes. Die Häufigkeit stabiler Chromosomenaberrationen bzw. Translokationen wurde zur retrospektiven Bestimmung der Dosen bei den exponierten Gruppen benutzt. Die akkumulierten Dosen, die nach der FISH-Methode im Hinblick auf die Art der Exposition für die Bevölkerung an sieben Orten der Altairegion und Kasachstans geschätzt wurden, lagen im Bereich von 240 bis 730 mSv, für die Bevölkerung um das Kernkraftwerk Three Mile Island bei 360 mSv und für die Anwohner des Flusses Techa bei 670 mSv.

#### German

Verschiedene Gruppen von Menschen, die ionisierender Strahlung ausgesetzt waren, wurden untersucht: die Bewohner der Region Bryansk, die als Folge des Unfalls im KKW Tschernobyl

## Fehlende Geburten nach Tschernobyl

### Дефицит рождаемости после чернобыльской катастрофы

#### Ionizing Radiation and the Human Sex Odds at Birth

Hagen Scherb, Kristina Voigt / Хаген Шерб, Кристина Фогт

Institut für Biomathematik und Biometrie, Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH), Neuherberg, Deutschland

Институт биоматематики и биометрии, Центр им. Гельмгольца в Мюнхене, Немецкий исследовательский центр здоровья и окружающей среды (ООО), Нойхерберг, Германия

Institute of Biomathematics and Biometry, Helmholtz Zentrum Muenchen – German Research Center for Environmental Health, Neuherberg, Germany,

#### German

##### Hintergrund

Im Tierversuch hat sich gezeigt, dass ionisierende Strahlung mutagen ist. Deshalb ist die nähere Untersuchung der Strahlenwirkung auf den Menschen nicht nur sinnvoll, sondern dringend geboten. Die Geschlechtschance des Menschen bei der Geburt (Verhältnis männliche/weibliche Lebendgeburten) ist ein wichtiger Indikator für Strahlenexposition. Gleichwohl wurde über dieses elementare und einfach zu untersuchende Merkmal im Zusammenhang mit ionisierender Strahlung bisher nicht in angemessener Weise geforscht.

##### Methode

Jährliche, globale und lokale geschlechtsspezifische Lebendgeburtenstatistiken wurden erfasst, und deren Verhalten im Hinblick auf unterschiedliche Strahlenexpositionen analysiert. Zur Untersuchung räumlich-zeitlicher Trends wurde die statistische Methode der logistischen Regression verwendet.

##### Ergebnis

Unter ionisierender Strahlung ist das Geschlechtsverhältnis des Menschen bei der Geburt dosisproportional gestört. Zeitliche und räumliche Trendanalysen offenbaren Anstiege sowohl nach den oberirdischen Atomwaffentests, nach dem Unfall von Tschernobyl als auch in der Nähe von normal betriebenen Nuklearanlagen in Deutschland und in der Schweiz.

##### Schlussfolgerung

Niedrig-Dosis-Strahlung erhöht das Geschlechtsverhältnis in gleichmäßig exponierten Bevölke-

rungsgruppen. Eine naheliegende und plausible Erklärung dafür ist ein Geburtendefizit mit überwiegend weiblichem Anteil. Danach liegt z.B. die Anzahl fehlender Kinder seit dem Unfall von Tschernobyl bis heute (1987 – 2011), in Europa und in Teilen Asiens, in der Größenordnung von einer Million. Die Zahl fehlender Kinder wird aus unserer Sicht noch einige Jahrzehnte lang weiter ansteigen.

#### Russian

##### Исходная информация

В опытах на животных было выявлено, что ионизирующее облучение приводит к мутагенным явлениям. Поэтому более подробное исследование действия излучения на человека является не только целесообразным, но и даже безотлагательным. Рождение младенца того или иного пола (соотношение живорожденных младенцев мужского и женского пола) является важным индикатором лучевой нагрузки. Однако до сих пор не было проведено никаких значимых научных работ по вышеназванному элементарному и просто исследуемому параметру с точки зрения зависимости от ионизирующего излучения.

##### Метод

Были собраны годовые, глобальные и локальные статистические данные по живорожденным в зависимости от их пола, а также был проведен анализ этих данных с точки зрения действия излучения различной интенсивности. Для исследования



пространственно-временных тенденций  
использован статистический метод  
логистической регрессии.

#### Результат

Под действием ионизирующего излучения соотношение полов человека при рождении нарушено пропорционально дозе. Анализ пространственно-временных тенденций выявляет прирост как после надземных испытаний атомного оружия и после реакторной катастрофы в Чернобыле, так и вблизи ядерных установок в Германии и Швейцарии, работающих в нормальном режиме.

#### Заключение

Низко дозированное излучение повышает соотношение полов в равномерно облученных группах населения. Напрашивающимся и убедительным объяснением этому является дефицит рождаемости с преимущественно женской долей. Например, число не родившихся детей после реакторной катастрофы в Чернобыле по сегодняшний день (1987 – 2011 гг.) в Европе и в некоторых регионах Азии составляет приблизительно один миллион. По нашему мнению, число не родившихся детей будет повышаться еще в течение нескольких десятилетий.

#### Results

Investigating large gender specific live birth data sets, it is shown that the sex odds increases significantly under elevated exposure to ionizing radiation. Time and distance trend analyses reveal disturbances of the sex odds after the atmospheric atomic bomb testing, after the Chernobyl accident, and even in the vicinity of normally operating nuclear facilities.

#### Conclusion

Low-dose ionizing radiation increases the secondary sex odds at birth in uniformly exposed human populations.

## English

### Background, aim, and scope

Ever since the discovery of the mutagenic properties of ionizing radiation, the possibility of birth sex odds shifts in exposed human populations was considered. We study spatial-temporal sex odds trends with emphasis on the global atmospheric atomic bomb tests, the Chernobyl accident, and the vicinity of normally operating nuclear facilities.

### Data and statistical methods

Global and local gender specific annual live birth data were compiled. Logistic regression with dummy variables coding for municipalities, districts, countries, continents, time periods, and corresponding spatial-temporal interactions was used to model changing spatial-temporal patterns.

## Der Einfluß ionisierender Strahlung auf das Geschlechterverhältnis: Die Lehren von Hiroshima und Tschernobyl

**Название: Действие радиоактивного излучения на соотношение полов: Уроки трагедии Хиросимы и Чернобыля**

**Effect of Ionizing Radiation on the Sex Ratio: Lessons from Hiroshima and Chernobyl**

Karl Sperling / Карл Шперлинг

Institut für Medizinische und Humangenetik, Charité – Universitätsmedizin Berlin

Институт медицинской генетики и генетики человека Шарите – Берлинский Медицинский Университет

Institute of Medical and Human Genetics, Charité – University Medicine Berlin

### German

Das Geschlechtsverhältnis zum Zeitpunkt der Geburt ist ein Prävalenzwert. Dieser hängt einmal von der Anzahl X- und Y-haltiger Spermien und ihrer Befruchtungskapazität ab (primäres Geschlechtsverhältnis) und zum anderen von der Überlebenswahrscheinlichkeit männlicher und weiblicher Embryonen (sekundäres Geschlechtsverhältnis). Letzteres beträgt unter kaukasischen Neugeborenen etwa 106 : 100.

Das primäre Geschlechtsverhältnis ist unbekannt, da hierzu viele befruchtete Eizellen analysiert werden müssten, was sich verbietet. Von den klinisch nachgewiesenen Schwangerschaften gehen mehr männliche verloren. Die weitaus meisten Embryonen sterben aber früher ab, so dass nur etwa 25% aller Zygoten zu einem Neugeborenen führen. Es ist durch tierexperimentelle Untersuchungen (z.B. an *Drosophila*) gut belegt, dass ionisierende Strahlen einen Einfluss auf das Geschlechtsverhältnis haben.

Maternale (paternale) Strahlenexposition kann zur Induktion rezessiver X-chromosomaler Letalmutationen (dominanter X-chromosomaler Letalmutationen) und damit zu einer Erniedrigung (Erhöhung) des Geschlechtsverhältnisses führen. Epidemiologische Untersuchungen an den Nachkommen der Strahlenopfer von Hiroshima und Nagasaki, die innerhalb der ersten 10 Jahre geboren wurden, zeigten eine Verschiebung in der erwarteten Richtung, die sich bei den später Geborenen (1956-1962) nicht mehr fand. In den Jahren nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl wiesen Scherb & Voigt einen signifikanten Anstieg im Geschlechtsverhältnis nach, den sie auf einen Rückgang weiblicher Neugeborener zurückführ-

ten. Dieser Effekt ist bereits im Januar 1987 nachweisbar (A. Körblein), genau neun Monate nachdem die radioaktiven Wolken Deutschland passierten. Er fällt zusammen mit einem signifikanten Anstieg der Trisomie 21 (Down Syndrom), wobei ebenfalls mehr Jungen betroffen waren. Diese Befunde weisen auf einen Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der Konzeption und der Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses hin. Dieser beruht nicht auf der Induktion paternaler X-chromosomaler Letalmutationen, sondern wird mit dem bevorzugten Absterben weiblicher Embryonen als Folge chromosomaler Instabilität und epigenetischer Prozesse erklärt, die um den Konzeptionszeitpunkt herum ablaufen. Zugleich wirft diese Annahme auch ein neues Licht auf die bekannte, aber bislang unverstandene Verschiebung im Geschlechtsverhältnis bei Kinder mit dem Down Syndrom.

### Russian

Соотношение полов при рождении является общепринятым эталоном. Во-первых, оно отражает относительное количество и оплодотворяющую способность сперматозоидов с хромосомами типа «X» и «Y» (первичное соотношение полов). Во-вторых, оно отражает относительное выживание мужских и женских оплодотворенных яйцеклеток (вторичное соотношение полов). Вторичное соотношение полов новорожденных с кавказскими предками составляет приблизительно следующее соотношение: на 106 новорожденных мужского пола - 100 новорожденных женского пола.

Первичное соотношение полов неизвестно из-за невозможности прямого анализа большого количества естественных оплодотворений, обусловленного умерщвлением плода. Существует преобладание мужского пола при потерях очевидных беременностей. Однако подавляющее большинство потерь происходит до клинического установления беременности, то есть меньше чем 25 % естественных человеческих оплодотворений доживают до этого срока. Достоверно установлено в модельных организмах, таких как дрозофила, что ионизирующее излучение (ИИ) может повлиять на соотношение полов. Облучение материнских (или отцовских) особей приводит к связанной с хромосомами типа «X» рецессии смертности (или доминирующая X-связанная смертность), что приводит к уменьшению (или увеличению) соотношения полов. Эпидемиологические исследования рожденных в период первых 10 лет от родителей, переживших взрыв атомной бомбы в Хиросиме и Нагасаки, показали сдвиги в ожидаемом направлении. Однако это не могло быть подтверждено беременностями в период с 1956 по 1962 гг. Проанализировав годы, следующие за чернобыльской катастрофой, Шерб и Фогт (Scherb & Voigt) в 2007 году документировали заметное увеличение соотношения полов и объяснили его ростом числа новорожденных женского пола. Это увеличение было обнаружено уже в январе 1987 года, ровно 9 месяцев после того, как радиоактивные облака прошли через Германию. Это отчетливое увеличение совпадает с увеличением частоты трисомии 21-го января 1987 года, вызывающей преимущественное поражение лиц мужского пола. Это дата причинной связи между радиоактивным облучением, сроком зачатия и сдвигом соотношения между полами у человека. Причиной этого не является преобладание связанных с материнскими X-хромосомами смертельными случаями, а объясняется потерями эмбрионов женского пола, по-видимому, обусловленными нестабильностью митотических хромосом и эпигенетическими процессами при делении клеток в женских эмбрионах. Кроме того, эти данные бросают новый свет на хорошо известный, но мало понятый феномен избытка мужских особей с болезнью Дауна.

## English

The sex ratio at birth is a prevalence measure. Firstly it reflects the relative number and the fertilising capacity of sperm with either an X or Y chromosome (primary sex ratio). Secondly, it reflects the relative survival of male and female conceptuses (secondary sex ratio). The secondary sex ratio among newborn of caucasian ancestry is about 106 males to 100 females.

The primary sex ratio is unknown because the direct analysis of large numbers of natural human fertilizations, requiring their destruction, is not feasible. There is a male excess in losses throughout recognized pregnancies. However, the vast majority of losses occurs before clinical recognition of pregnancy, i.e. fewer than 25% of natural human fertilizations survive to term. It is well established in model organisms such as *Drosophila*, that ionising radiation (IR) can affect the sex ratio.

Maternal (or paternal) irradiation leading to the induction of X-linked recessive lethals (or X-linked dominant lethals) will lead to a decrease (or increase) in the sex ratio. Epidemiological studies on the offspring born within 10 years of the atomic bomb survivors in Hiroshima and Nagasaki, showed shifts in the expected direction, but this could not be confirmed in pregnancies between 1956 and 1962. In the years following the Chernobyl accident, a significant increase in the sex ratio has been documented by Scherb & Voigt in 2007 and explained by a decrease of female newborn. This increase manifests already in January 1987 (A. Körblein), exactly nine months after the radioactive clouds passed over Germany. This distinct increase coincides with an increase in the frequency of trisomy 21 in January 1987 with more males affected. The data point to a causal relationship between radioactive exposure around conception and a shift in the sex ratio in man. This is not due to paternally induced X-linked dominant lethals, but explained by a loss of female embryos, perhaps due to mitotic chromosome instability and epigenetic processes in female cleavage embryos. Moreover, these data throw a new light on the well known, but poorly understood, phenomenon of male excess in Down syndrome.

## ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО РИСКА ВРОЖДЕННЫХ ПОРОКОВ РАЗВИТИЯ В РАЙОНАХ БЕЛАРУСИ, ПОСТРАДАВШИХ ОТ АВАРИИ НА ЧАЭС

### Bewertung des Strahlenrisikos für angeborene Entwicklungsstörungen in den unter dem Tschernobyl-Unfall leidenden Bezirken von Belarus

M. B. Малько / Mikhail V. Malko

Институт энергетики НАН Беларуси, Минск, Беларусь  
Institut für Energetik an der Nationalen Akademie der Wissenschaften Belarus, Minsk, Belarus

#### Russian

В докладе обсуждаются результаты анализа частоты врожденных пороков развития (ВПР) строгого учета, в число которых входят все множественные врожденные пороки развития, синдром Дауна, анэнцефалия, спинномозговая грыжа, полидактилия, расщелина губы и нёба, редукционные врожденные пороки развития конечностей, атрезия пищевода и ануса. Вклад врожденных пороков строгого учета в общее количество врожденных пороков развития в рассматриваемый период составил примерно 40-45%. Опубликованные данные Национального мониторинга врожденных пороков развития, зарегистрированных в период 1982-1992 годов, использованы в настоящей работе. Установлено наличие линейной зависимости относительного риска врожденных пороков развития и дозы внутриутробного облучения, что позволяет предположить о манифестации радиационно-индуцированных пороков развития на территориях, загрязненных радионуклидами Чернобыльского происхождения. С учетом этого предположения выполнена оценка усредненного по времени (1987-1992 годы) значения избыточного относительного риска врожденных пороков развития, ERR. Она составила примерно 3,3% на поглощенную дозу внутриутробного облучения, равную 1 мЗв (95% CI от 0,9 до 6% на 1 мЗв дозы облучения, поглощенной в период внутриутробного развития. Выполнена также оценка количества дополнительных врожденных пороков развития строгого учета в период 1987-1992 годах. По оценкам настоящей работы оно составило 87 случаев или примерно 6,8% от общего числа врожденных пороков развития, зарегистрированных в 1987-1992 годах.

#### German

Der Vortrag erörtert die Ergebnisse einer Analyse der Häufigkeit angeborener Entwicklungsstörungen im engen Sinne, zu denen Down-Syndrom, Anecephalie, Spina bifida, Polydaktilie, Lippen- und Gaumenspalten, angeborene Verkümmern der Extremitäten und Atresien der Speiseröhre und des Anus gehören. Im betrachteten Zeitraum machten diese angeborenen Störungen im engen Sinn einen Anteil von ca. 40 – 45% an der Gesamtzahl angeborener Entwicklungsstörungen aus.

Dieser Studie liegen die publizierten Daten der nationalen Überwachung (monitoring) angeborener Entwicklungsstörungen zugrunde, die in der Zeit von 1982 – 1992 registriert wurden. Es konnte eine lineare Abhängigkeit des relativen Risikos von der Dosis der Bestrahlung in utero festgestellt werden, was die Annahme erlaubt, daß sich in den durch Tschernobyl-Radionuklide kontaminierten Gebieten strahleninduzierte angeborene Entwicklungsstörungen manifestieren. Unter Berücksichtigung dieser Annahme wurde der über die Zeit (1987 – 1992) gemittelte Wert des exzessiven relativen Risikos (ERR) für angeborene Entwicklungsstörungen ermittelt. Dieser Wert lag bei ca. 3,3% (95% CI von 0,9 bis 6) bei einer absorbierten Dosis in utero äquivalent zu 1 mSv. Ebenfalls ermittelt wurde die Anzahl der zusätzlichen Entwicklungsstörungen im Zeitraum von 1987 -1992. Sie betrug 87 Fälle oder etwa 6,8% der Gesamtzahl der angeborenen Entwicklungsstörungen, die zwischen 1987 und 1992 registriert wurden.

## Significance of Cytogenetic Study for Estimation of Acute and Delayed Effects of Low-Dose Irradiation of People

### Die Bedeutung zytogenetischer Untersuchungen zur Abschätzung akuter und verzögert auftretender Wirkungen von Niedrigdosisstrahlung bei Menschen

Irina Vorobtsova, A. Semenov, I. Kolesnikova, Z. Vasilieva

Federal State Institution Russian Research Center for Radiology and Surgical Technologies, Saint-Petersburg, Russia

Staatliches Forschungszentrum für Radiologie und Chirurgische Technologie der Russischen Föderation, St. Petersburg, Rußland

#### English

Cytogenetic study was performed on various groups of people who survived the low-dose exposure due to various radiation accidents and nuclear bomb testing: liquidators of the consequences of Chernobyl accident (L), their children (CL), evacuees (adults AE and children CE), “veterans” (VT) and control groups, in total about 1000 persons at the age range 3-87 years. In exposed groups the increased frequency of unstable and stable (FISH) chromosomal aberrations (CA), micronuclei, HPRT-mutations was found. The correlation on the level of CA and polymorphic variants of several genes (XRCC1, XRCC3, GSTM1, GSTT1) was found in exposed group. Lymphocytes of exposed children (CE and CL) revealed increased sensitivity to challenge irradiation in vitro (1,5 Gy  $\gamma$ -rays). In exposed adults the positive correlation has been found between the level of CA and morbidity (cardiovascular and gastrointestinal systems). The study on the age response of stable and unstable CA as well as in vitro chromosomal radiosensitivity was performed on control and exposed persons. The frequency of translocations in lymphocytes increased with age, as quadratic function, faster in exposed group than in control one. The rate of age increase of dicentric number was equal in both groups. The in vitro radiosensitivity of lymphocytes tends to increase with age in the control group and decrease significantly in the exposed ones.

On the lymphocytes of cancer patients who had undergone whole-body fractionated  $\gamma$ -rays exposure every other day (at a daily dose 0,115 Gy up to a total dose 1,15 Gy) the dose-responses curves for dicentrics and translocations were generated and compared with the dose-responses for lymphocytes of the same patients irradiated in

vitro. For dicentrics (both FPG and FISH) but not for translocations the lower frequency of events per unit dose was observed after in vivo irradiation of lymphocytes.

Bystander effect (BE) was estimated by the ability of nonirradiated female/male lymphocytes to develop the adaptive response (AR) in mix culture with preirradiated at the dose 0,05 Gy lymphocytes of opposite gender donor. It was found that lymphocytes neighboring the pre-exposed cells are less sensitive to challenge irradiation (1 Gy), that is develop bystander AR.

#### Conclusions:

- people survived low-dose irradiation are characterized by increased number of genetic damages both structural and functional;
- the level of CA correlated positively with the morbidity;
- the frequency of stable CA increased with age faster in exposed group than in control one and could serve as a marker of biological age. It should be taken into account in biodosimetry based on the frequency of stab CA;
- the in vitro dose-response curve for dicentrics underestimates the real absorbed dose in the case of fractionated (protracted) irradiation;
- the mix culture of lymphocytes from different gender donors seems to be good model for investigation of radiation induces BE.

#### German

An verschiedenen Gruppen von Menschen, die in der Folge von Strahlenunfällen und Kernwaffentests radioaktiver Niedrigdosisstrahlung ausgesetzt waren, wurden zytogenetische Überprüfun-

gen vorgenommen: an Liquidatoren des Unfalls von Tschernobyl (L), ihren Kindern (LK), an aus radioaktiv verseuchten Gebieten evakuierten Erwachsenen (E) und Kindern (EK), an „Veteranen“ (VT) und an Kontrollgruppen, alles in allem ungefähr 1000 Personen im Alter von 3 bis 87 Jahren. Bei den exponierten Gruppen war die Häufigkeit von stabilen (FISH) und instabilen Chromosomenaberrationen (CA), von Mikronuklei und von HPRT-Mutationen erhöht. Bei den Gruppen LK und EK war die Empfindlichkeit der Lymphozyten bei Bestrahlung in vitro (1,5 Gray  $\gamma$ -Strahlen) erhöht. Bei den Gruppen L, E und VT wurde eine positive Korrelation zwischen der Häufigkeit instabiler CA und Morbidität im kardio-vaskulären und im gastro-intestinalen System ermittelt.

Die Menge der Translokationen erhöht sich mit zunehmendem Alter quadratisch, bei der exponierten Gruppe vollzieht sich dieser Prozeß schneller als in der Kontrollgruppe. Die Menge der dizentrischen Aberrationen wächst linear und bei beiden Gruppen mit gleicher Geschwindigkeit. Die Strahlenempfindlichkeit der Lymphozyten nimmt mit zunehmendem Alter in der bestrahlten Gruppe signifikant ab, bei der Kontrollgruppe dagegen zu.

Für die Lymphozyten onkologischer Patienten, die sich einer Ganzkörperbestrahlung mit fraktionierter  $\gamma$ -Strahlung mit einer Dosis von 0,115 Gray jeden zweiten Tag bis zu einer Gesamtdosis von 1,15 Gray unterzogen hatten, wurden Dosis-Wirkungskurven erstellt und mit entsprechenden Kurven verglichen, die für Lymphozyten derselben Patienten bei in vitro-Bestrahlung notiert wurden. Für die dizentrischen Aberrationen (FRG und FISH) war die Wirksamkeit pro Doseinheit bei Bestrahlung in vivo geringer als bei Bestrahlung in vitro. Bei Translokationen war die Wirksamkeit gleich groß.

Der strahleninduzierte Bystander-Effekt (BE) wurde untersucht, indem die Fähigkeit nicht-bestrahlter Lymphozyten von Männern oder Frauen zu einer Anpassungsreaktion (AR) in einer Mischkultur mit bestrahlten (0,05 Gray) Lymphozyten eines Spenders des jeweils anderen Geschlechts bewertet wurde. Es wurde festgestellt, daß die den bestrahlten Zellen benachbarten Lymphozyten auf eine Stimulus-Bestrahlung von 1 Gray weniger empfindlich reagieren, d. h. sie

entwickelt eine Anpassungsreaktion durch den Bystander-Mechanismus.

Folgerungen:

- Menschen, die in der Vergangenheit Niederdosisstrahlung ausgesetzt waren, sind durch strukturelle und funktionelle Störungen des Genoms charakterisiert.

- die Frequenz der Chromosomenaberrationen korreliert positiv mit der Morbidität

- die Menge stabiler Aberrationen erhöht sich im Alter bei der exponierten Gruppe schneller als bei der Kontrollgruppe. Sie kann als Indikator des biologischen Alters angesehen werden und sollte bei der Biodosimetrie berücksichtigt werden.

- bei der Biodosimetrie nach Anzahl der dizentrischen Aberrationen führt die Anwendung einer Dosis-Wirkungskurve der in vitro Bestrahlung zu einer Unterschätzung in Fällen fraktionierter (langfristiger) Bestrahlung

- die Mischkultur von Spendern unterschiedlichen Geschlechts hat sich als gutes Modell zur Untersuchung strahleninduzierter Bystander-Effekte erwiesen.

## Teratogene Strahleneffekte: Sterblichkeit von Neugeborenen nach Tschernobyl

### Тератогенное действие радиации: Смертность новорожденных после чернойбыльской катастрофы

### Teratogenic Radiation Effects: Perinatal Mortality following Chernobyl

Alfred Körblein

Nürnberg, Germany

#### German

Die Sterblichkeit von Neugeborenen (Perinatalsterblichkeit) war in Deutschland 1987, dem Jahr nach dem Super-GAU von Tschernobyl, signifikant gegenüber dem Trend der Jahre 1980-1993 erhöht. Auch in Polen und anderen östlichen Ländern fanden sich 1987 signifikante Effekte bei der Perinatalsterblichkeit und bei Totgeburten.

In den Monatsdaten der Perinatalsterblichkeit aus Westdeutschland und der Säuglingssterblichkeit aus Polen zeigen sich Maxima der Sterblichkeit sieben Monate nach den Maxima der Cäsiumbelastung in der Schwangerschaft. Die Dosis-Wirkungsbeziehung (DWB) ist stark nach oben gekrümmt, die Abweichung der DWB von einem linearen Verlauf ist deutlich signifikant. Statistische Überlegungen lassen für die analytische Form der DWB eine kumulative Lognormalverteilung erwarten, die bei kleinen Dosen stark positiv gekrümmt ist.

Beim Vergleich des zeitlichen Trends der Perinatalsterblichkeit in den höchstbelasteten Regionen der Ukraine (Oblast Zhitomir) und Weißrusslands (Oblast Gomel) mit dem Trend im Rest Weißrusslands zeigt sich nach Tschernobyl ein massiver Anstieg in den 1990er Jahren mit einem Maximum um 1993. Der Effekt kann mit der verzögerten Wirkung von Strontium erklärt werden, das vorzugsweise in der Zeit des größten Knochenwachstums während der Pubertät aufgenommen wird. Der beobachtete Anstieg entspricht etwa 1.000 zusätzlich gestorbenen Neugeborenen in den Jahren 1990 bis 1997.

Weiterhin geht die internationale Strahlenschutzkommission von der Existenz einer Schwellendosis für teratogene Schäden in Höhe von 100 Millisievert (mSv) aus. Nach offiziellen Angaben betrug die mittlere Dosis im ersten Folgejahr nach Tschernobyl in Deutschland aber nur 0,2 mSv. Die obigen Ergebnisse

widersprechen damit dem Konzept einer unschädlichen Dosis für teratogene Schäden.

#### Russian

Смертность новорожденных (перинатальная смертность) в Германии в 1987 году, год после чернойбыльской супер-катастрофы, по сравнению с общим направлением развития в период 1980-1993 гг. была заметно повышена. В Польше, а также и в других странах Восточной Европы в 1987 году были выявлены заметные изменения показателей перинатальной смертности и мертворождения.

В помесечных данных по перинатальной смертности в Западной Германии и смертности детей грудного возраста в Польше максимальные показатели смертности выявлены через семь месяцев после максимальной цезиевой нагрузки во время беременности. Зависимость эффекта облучения от дозы (связь «доза-эффект») резко искривляется вверх. При этом заметно прослеживается отклонение связи «доза-эффект» от линейности. Исходя из статистических соображений для аналитической формы связи «доза-эффект» можно ожидать кумулятивного логнормального распределения с сильно выраженным положительным искривлением для небольших доз.

При сравнении временной тенденции развития перинатальной смертности в регионах с максимальной нагрузкой на Украине (Житомирская область) и в Белоруссии (Гомельская область) с тенденциями развития, наблюдаемыми в остальных регионах Белоруссии после чернойбыльской катастрофы, выявлен массивный рост в 1990-х годах с достижением максимальных показателей около 1993 года. Эффект этот может быть объяснен замедленным действием стронция, отложение которого в организме наблюдается

преимущественно в период интенсивного роста костей во время полового созревания. Наблюдаемый рост отвечает приблизительно 1.000 дополнительно умершим новорожденным в период с 1990 по 1997 гг.

Далее, Международная комиссия по защите от радиоактивного излучения исходит из наличия пороговой дозы для тератогенных поражений, составляющей 100 миллизиверт (мЗв). По официальным данным средняя доза в первый год после чернобыльской катастрофы в Германии, однако, составила всего 0,2 мЗв. Указанные выше данные, таким образом, противоречат концепции безвредной дозы при тератогенных поражениях.

The International Commission on Radiological Protection (ICRP) claims that there is a threshold dose of 100 mSv for teratogenic effects. But in Germany significant radiation effects on perinatal mortality were observed although the mean dose was only 0.2 mSv in the first follow-up year. Therefore the concept of a safe dose for teratogenic damage must be given up.

### **English**

The mortality rate of newborn (perinatal mortality) was increased in Germany in 1987, the year after the meltdown at Chernobyl, compared with the trend of the years 1980-1993. Also in Poland and other Eastern countries, significant peaks of perinatal mortality and stillbirths were found in 1987.

Monthly data of perinatal mortality from West Germany and infant mortality from Poland show mortality peaks seven months after the peaks of the caesium burden during pregnancy. The dose-response relationship (DRR) is curvilinear with a best estimate of 3.7 for the power of dose. The deviation of the DRR from linearity is significant. Theoretical calculations based on statistical considerations show that the DRR for teratogenic effects is likely to be a cumulative log-normal distribution which, at low doses, has a curvilinear shape.

A comparison of the time trends of perinatal mortality in the highly contaminated regions Gomel (Belarus) and Zhitomir (Ukraine) with the trend of mortality in the rest of Belarus shows a massive mortality increase in the 1990s with a maximum around 1993. The effect can be interpreted as a late effect of strontium incorporated by girls during the period of maximum bone growth in puberty. The observed increase translates to about 1000 excess perinatal deaths during 1990-1997.



## Microevolution Consequences of Chernobyl Accident

### Die mikroevolutionären Folgen des Unfalls von Tschernobyl

Valerie Glazko, T. Glazko

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

Staatliche Russische Landwirtschaftsuniversität. K. A. Timiryazev-Akademie für Landwirtschaft, Moskau, Rußland

#### English

A comparison of information from literature and own experiments on various mammal species including human was carried out. Also consequences of increasing level of ionizing radiation because of the Chernobyl disaster were analyzed. Data gained give evidence that the consequences depend on cellular, organ and population heterogeneity in sensitivity to ionizing radiation; “sensitive” individuals reduce their reproductive success; common trait on different levels of biological systems organization is their return to more primitive but more stable forms. A comparison of data acquired gives a possibility to name 4 main Chernobyl “laws” which may turn to be universal for consequences of all deep ecological changes caused by natural and anthropogenic disasters and crises. These laws are:

- 1) after Chernobyl not all individuals are born who could be;
- 2) after Chernobyl selection against specialized forms takes place;
- 3) response to same radiation doses depends on their “novelty” for certain population (that means on presence of previous selection between their ancestors for resistance to such doses);
- 4) all Chernobyl troubles for human population are ahead because the generation directly affected by explosion is now only entering in its reproductive age.

#### German

Informationen aus der Literatur und eigene Experimente an verschiedenen Säugetierarten, auch am Menschen, wurden verglichen. Die Folgen des Anstiegs ionisierender Strahlung durch die Tschernobyl-Katastrophe wurden analysiert.

Die gewonnenen Daten zeigen, daß diese Folgen von der Heterogenität der Zellen, Organismen und Populationen hinsichtlich der Strahlensensitivität abhängen. Strahlenempfindliche Individuen reduzieren ihren reproduktiven Erfolg. Den verschiedenen Ebenen der Organisation biologischer Systeme ist gemeinsam, daß sie zu primitiveren, dafür aber stabileren Formen zurückkehren.

Ein Vergleich der gewonnenen Daten ermöglicht die Formulierung von vier Tschernobyl-„Gesetzen“, die eventuell sogar bei allen tiefgreifenden ökologischen Veränderungen durch natürliche oder menschengemachte Katastrophen und Krisen gelten. Die Gesetze sind im einzelnen:

1. Nach Tschernobyl wurden nicht alle Individuen geboren, die hätten geboren werden können.
2. Nach Tschernobyl fand eine Selektion gegen spezialisierte Formen statt.
3. Die Reaktion auf gleiche Strahlendosen hängt von ihrer „Neuartigkeit“ für eine bestimmte Population ab. (Das heißt, unter den Vorfahren muß bereits eine Selektion nach der Resistenz gegen solche Dosen stattgefunden haben.)
4. Für die menschliche Bevölkerung stehen die Probleme durch Tschernobyl noch bevor, denn die von der Explosion direkt betroffene Generation kommt erst jetzt in das reproduktive Alter.

## **РОЛЬ ГЕНОМНО-ИММУННЫХ НАРУШЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ДЕТЕЙ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ РАДИОНУКЛИДОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

**Die Rolle von Verletzungen des Genoms und des Immunsystems bei der Entstehung von Krankheiten bei Kindern, die der Wirkung von Radionukliden infolge des Unfalls von Tschernobyl ausgesetzt waren**

**The Role of Genomic and Immune Disorders in the Development of Diseases among Children Exposed to Radionuclides after the Chernobyl NPP Accident**

Л.С. Балева, А.Е. Сипягина, И.Н. Яковлева, Т.Б. Кузьмина, Н.М. Карахан  
Larissa С. Baleva, А. Е. Sipyagina, I. N. Yakoleva, Т. В. Kuzmina, N. M. Karakhan

Детский научно-практический центр противорадиационной защиты ФГУ «Московский НИИ педиатрии и детской хирургии Минздравсоцразвития России», Москва

Zentrum für Forschung und Praxis des Strahlenschutzes von Kindern am Moskauer Institut für Pädiatrie und Kinderchirurgie des Russischen Gesundheitsministeriums, Staatliche Universität, Moskau

### **Russian**

Радиационная авария на Чернобыльской АЭС повлекла за собой серьезные экологические изменения, приведшие к переселению и эвакуации населения из зон отчуждения и отселения, к вынужденному проживанию граждан на радиоактивно загрязненных территориях.

В Детском научно-практическом центре противорадиационной защиты Московского научно-исследовательского института педиатрии и детской хирургии Минздравсоцразвития России, учитывая особенности радионуклидного спектра, выход короткоживущих радиоизотопов  $^{131}\text{I}$  и долгоживущих радиоизотопов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , разнообразные пути поступления изотопов (алиментарный, ингаляционный, трансплацентарный, контактный), длительность их воздействия (острое и хроническое облучение), были сформированы референтные когорты детей, подлежащие длительному динамическому наблюдению:

- Дети, проживающие на территориях с загрязнением почв  $^{137}\text{Cs}$  до 1665 кБк/м<sup>2</sup>;
- Дети, эвакуированные из зон отчуждения и отселения;
- Дети, подвергшиеся воздействию ионизирующей радиации в периоде внутриутробного развития;

■ Дети участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС;

■ Дети, подвергшиеся облучению  $^{131}\text{I}$  (дети 1968-1986 годов рождения).

25-ти летний период наблюдения позволил выявить особенности в состоянии здоровья детей в каждой референтной когорте и установить наличие определенных радиационных эффектов, развившихся у детей в группах высокого риска.

Медико-демографические процессы в радиоактивно - загрязненных территориях в целом, отражая ситуацию в Российской Федерации, характеризовались большим разнообразием: отмечен в 1987 – 2000 г.г. более низкий уровень рождаемости, по сравнению с Российской Федерацией, сочетающийся с более высокой младенческой смертностью. Однако, в последующие десятилетие (2001 – 2009 г.г.) ситуация отражает полностью ситуацию в Российской Федерации.

В загрязненных радионуклидами территориях продолжается увеличение общей заболеваемости детей, обусловленное ростом «груза», тяжестью патологии, хронизацией патологических процессов, по сравнению с детской популяцией в РФ. Общая заболеваемость детей, подвергшихся воздействию радиации, остается высокой за

счет соматической патологии в когортах детей, проживающих в радиационно загрязненных регионах. Неблагополучной остается ситуация с заболеваемостью новообразованиями, уровень которой постоянно выше среднероссийских значений. За последние 10 лет увеличился удельный вес злокачественных форм новообразований, врожденных аномалий развития и хромосомных нарушений. Зарегистрированы редкие генетические аутосомно-доминантные синдромы и выявлены эмбриотоксические эффекты в группах радиационного риска, этиопатогенетическую роль в формировании которых играют цитогенетические и иммунологические нарушения, приводящие к нестабильности генома и иммунологической недостаточности у детей из групп высокого радиационного риска.

У детей, подвергшихся радиационному воздействию, имеет место достоверное превышение уровня aberrаций как хроматидного, так и хромосомного (парные фрагменты, дицентрические и кольцевые хромосомы) типов, относящихся к нестабильным хромосомным aberrациям. Однако, зарегистрировано увеличение и стабильных хромосомных aberrаций: делеций, транслокаций.

Исследование цитогенетических характеристик, белкового полиморфизма и репарационной активности ДНК у детей, рожденных от родителей – ликвидаторов последствий радиационной аварии свидетельствует о наличии геномной нестабильности в детской популяции и сужении адаптивных возможностей у потомков, независимо от сроков их зачатия родителями после возвращения с работ по ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС.

Выделение из общего контингента детей, получивших радиационное воздействие, начиная с внутриутробного периода развития, выявило еще более значительные изменения цитогенетической картины: отмечено значительное расширение спектра цитогенетических структурных дефектов (наличие изохроматидных фрагментов, разрывов по центромере, хроматидных обменов). Показано, что у детей,

подвергшихся радиационному воздействию начиная с внутриутробного периода развития, имеет место снижение индекса индивидуальной гетерозиготности, что может свидетельствовать о сужении спектра адаптивных возможностей, а, следовательно, о гиперчувствительности к экопатогенному фактору. Это положение подтверждается и наличием снижения репарационной активности геномной ДНК.

Сравнительный анализ цитогенетических нарушений установил, что группу высокого риска по развитию опухолей щитовидной железы составляют лица с инкорпорацией радиоизотопов йода в дозе 50 сГр и более в связи с сохраняющейся у них высокой активностью мутационного процесса в соматических клетках.

Исследования геномной нестабильности в семейном аспекте служат доказательной базой в экспертной оценке причинно-следственной связи возникновения заболевания с воздействием радиационного фактора.

Иммунная система ребенка чрезвычайно чувствительна к воздействию ионизирующей радиации. Нарушения Т-клеточного звена иммунитета были зарегистрированы у большинства детей групп радиационного риска и выразились в формировании специфического паттерна, характерного как для детского, так и взрослого населения радиационно загрязненных регионов. Нарушение со стороны В-клеточного звена иммунитета свидетельствует о депрессии В-клеточного звена иммунитета у данного контингента. Общим, характерным признаком практически для всех групп радиационного риска, было нарушение со стороны НК-клеток, ответственных за противоопухолевую защиту (клетки с маркерами CD16): отмечены иммунологические признаки депрессии противоопухолевой защиты, что выражалось низким содержанием клеток с маркерами CD16 в периферической циркуляции.

Другим общим важным признаком иммунных нарушений, характерным для детей всех групп радиационного риска, следует считать наличие аномального иммуногенеза в виде универсальной и однонаправленной тенденции к снижению количества клеток, вовлеченных в

лейкоцитарную активацию с маркером «полипо-гентной активации» (клетки с маркером CD38) и пролиферирующих клеток (клеток с маркерами CD71). Цитологический феномен низкой пролиферативной активности лимфоцитов периферической крови был характерен для детей всех групп радиационного риска (у большинства детей абсолютное количество лимфоцитов было снижено относительно возрастной нормы).

Важнейшим признаком нарушения иммуногенеза, характерным для лиц всех групп радиационного риска, является увеличение выхода в периферическую кровь клеток, несущими рецептор для индукции апоптоза (CD95+), что, возможно, связано с перепроизводством «неполноценных» клеток и их активным выходом в циркуляцию. Повидимому, это явление следует рассматривать как феномен «раннего старения клеток», однако не исключено, что имеет место защитный компенсаторный механизм, позволяющий ускорить выведение из циркуляции клеток с цитогенетическими и/или функциональными нарушениями. Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что высокий уровень готовности к апоптозу у детей, подвергшихся воздействию ионизирующей радиации, является ответной реакцией организма на облучение, и, вероятно, служит одним из важнейших механизмов, направленных на предупреждение развития онкогенных эффектов в популяции облученных.

Полученные данные, несмотря на отсутствие клинически манифестных форм иммунодефицита у обследованных пациентов, указывают на наличие аномалий ряда звеньев иммунитета у большинства детей групп радиационного риска, как непосредственно, так и опосредованно подвергшихся радиационному воздействию.

Оценка состояния здоровья детей и подростков, подвергшихся воздействию радиации, особенно при длительном, постоянном воздействии малых доз, требует учета влияния всего комплекса неблагоприятных факторов, действующих на ребенка.

В условиях повышенного радиационного фона действие негативных факторов нерадиационной природы может изменять особенности формирования и течения различных патологических состояний, увеличивать риск развития радиационноиндуцированных заболеваний. К таким факторам следует отнести йодную недостаточность, которая является мощной предрасполагающей основой для развития радиационно-индуцированных заболеваний щитовидной железы. К группе риска, требующей более внимательного и длительного мониторинга, относится когорта детей, облученных внутриутробно. Радиочувствительность плода по индукции отдаленных последствий в 10-300 раз больше по сравнению со взрослым организмом.

Приведенные выше данные свидетельствуют о необходимости сохранения и повышения уровня здоровья детей, подвергшихся радиационному воздействию, а также потомков I и II поколений облученных родителей, снижения риска возникновения у детей злокачественных новообразований, врожденных и генетических заболеваний, применения высокотехнологичных методов диагностики (цито- и молекулярногенетических, иммунологических и др.). Это возможно при дальнейшем мониторинге состояния здоровья детей, совершенствовании системы диспансерного наблюдения и развитии специализированной и высокотехнологичной медицинской помощи.

После аварии на Чернобыльской АЭС прошло 25 лет, а проблемы остаются, проблемы серьезные, научно-обоснованные, требующие своего решения на государственном уровне, так как речь идет о здоровье и благополучии настоящих и будущих поколений населения, подвергшегося воздействию радиации в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

## German

Der Strahlenunfall von Tschernobyl zog schwere ökologische Veränderungen nach sich, die zur Umsiedlung und Evakuierung der Bevölkerung aus Verbotszonen und Umsiedlungszonen und zum notgedrungenen Weiterleben der Bürger in radioaktiv verschmutzten Gebieten führte. Unter Berücksichtigung der Besonderheiten des Spektrums der Radionuklide, unter Berücksichtigung des Ausstoßes an kurzlebigen Jod-131, langlebigem Cäsium-137 und Strontium-90, der verschiedenen Aufnahmepfade (mit der Nahrung, durch Inhalation, durch die Plazenta und durch Kontakt), sowie unter Berücksichtigung der Dauer der Aktivität dieser Nuklide (sehr kurze und chronische Bestrahlung) hat das Zentrum für Forschung und Praxis des Strahlenschutzes von Kindern am wissenschaftlichen Forschungsinstitut für Pädiatrie und Kinderchirurgie des russischen Gesundheitsministeriums die folgenden Referenzkohorten aus Kindern gebildet, die unter andauernder dynamischer Beobachtung stehen:

- Kinder, die noch in Gebieten leben, in denen die Bodenbelastung mit Cs-137 bis zu 1665 kBq/m<sup>2</sup> beträgt
- Kinder, die aus der Verbotszone und der Umsiedlungszone evakuiert wurden
- Kinder, die in der Phase der intra-uterinen Entwicklung radioaktiver Strahlung ausgesetzt waren
- Kinder von Liquidatoren
- Kinder, die der Bestrahlung durch Jod-131 ausgesetzt waren (Geburtsjahrgänge 1968 – 1986)

Eine 25jährige Beobachtungszeit erlaubte, die Besonderheiten des Gesundheitszustandes der Kinder aus jeder Referenzkohorte herauszuarbeiten und das Vorhandensein bestimmter Strahleneffekte, die sich bei den Kindern aus Hochrisikogruppen entwickelten, festzustellen.

Die medizinisch-demographischen Prozesse in den radioaktiv belasteten Gebieten sind, was die Situation in der Russischen Föderation angeht, sehr vielfältig: In den Jahren 1987 – 2000 war eine niedrigere Geburtenrate im Vergleich zur Russischen Föderation festzustellen, die mit einer höheren Kindersterblichkeit einherging. In den folgenden zehn Jahren (2001 – 2009) entsprach die Situation vollkommen der Situation in der Russischen Föderation.

In den mit Radionukliden belasteten Gebieten dauert die erhöhte allgemeine Morbidität der Kinder an. Sie ist begründet durch den Anstieg der „Last“, die Schwere der Pathologie und die Chronifizierung pathologischer Prozesse – im Vergleich zur Kinderpopulation der Russischen Föderation. Die allgemeine Morbidität von Kindern, die radioaktiver Strahlung ausgesetzt waren, bleibt hoch wegen der somatischen Pathologie bei Kindern, die noch in den strahlenbelasteten Gebieten leben. Bei der Morbidität an Neoplasmen ist die Situation nicht sehr gut, denn sie liegt ständig über gesamt-russischen Werten. In den vergangenen zehn Jahren erhöhte sich der Anteil maligner Neoplasmen, angeborener Entwicklungsstörungen und Chromosomenanomalien. Registriert wurden seltene autosomal-dominante Syndrome, und in den Gruppen mit hohem Risiko auch embryotoxische Effekte, bei deren Herausbildung zytogenetische und immunologische Verletzungen, die zu genomischer Instabilität und immunologischen Defiziten bei Kindern aus Hochrisikogruppen führen, eine ätiologische Rolle spielen.

Bei den strahlenexponierten Kindern findet eine echte Erhöhung des Aberrationspiegels statt, sowohl bei Chromatiden als auch bei Chromosomen (paarige Fragmente, Dizentrika und ringförmige Chromosomen), die beide zu den instabilen Chromosomenaberrationen gehören. Jedoch ist auch ein Anstieg der stabilen Chromosomenaberrationen zu verzeichnen: Deletionen und Translokationen.

Die Erforschung der zytogenetischen Charakteristika, des Eiweiß-Polymorphismus und der Reparaturaktivität der DNA bei Kindern von Liquidatoren zeigt, daß in der Kinderpopulation genomische Instabilität vorhanden ist, und die adaptiven Möglichkeiten bei Nachkommen begrenzter sind, unabhängig davon, wie lange bei ihrer Zeugung die Arbeit ihrer Eltern an der Beseitigung der Folgen des Reaktorunfalls von Tschernobyl zurücklag.

Betrachtet man die strahlenexponierten Kinder gesondert, angefangen von der intra-uterinen Entwicklungsphase, werden noch weitere Veränderungen des zytogenetischen Bildes deutlich: eine signifikante Verbreiterung des Spektrums zytogenetischer Strukturdefekte (isochromatide Fragmente, Brüche im Zentromer, Chromatiden-

tausch). Es konnte gezeigt werden, daß bei Kindern, die ab der intra-uterinen Entwicklungsphase strahlenbelastet waren, der Index der individuellen Heterozygotizität abnahm, was auf eine Einengung des Spektrums adaptiver Möglichkeiten hindeuten kann, und folglich auf eine Hypersensitivität gegenüber Umweltschadstoffen. Diese Vermutung wird gestützt durch ein Absinken der Reparaturaktivitäten der genomischen DNA.

Ein Vergleich der zytogenetischen Verletzungen zeigte, daß zur Gruppe mit hohem Risiko, Schilddrüsengeschwulste zu entwickeln, Personen mit einer inkorporierten Radiojod-Dosis von 50 cGy und darüber gehören; bei ihnen hielt eine hohe Aktivität des Mutationsprozesses in den Körperzellen an.

Die Erforschung der genomischen Instabilität unter Verwandtschaftsgesichtspunkten dient als Beweisgrundlage für die wissenschaftliche Bewertung der Ursache-Wirkungsbeziehung bei der Entstehung von Krankheiten, bei denen der Strahlenfaktor zum Tragen kommt.

Das Immunsystem des Säuglings ist außerordentlich empfindlich gegenüber ionisierender Strahlung. Störungen der T-Lymphozyten-Kette der Immunität wurden bei der Mehrheit der Kinder aus Gruppen mit Strahlenrisiko registriert und äußerten sich in der Bildung eines spezifischen Patterns, das für die Bevölkerung radioaktiv verschmutzter Gebiete charakteristisch ist, für Erwachsene ebenso wie für Kinder. Die Störung der B-Zell-Ketten der Immunität erweist sich in einer Depression der B-Lymphozyten Kette. Ein gemeinsames Merkmal für fast alle Gruppen mit Strahlenrisiko war eine Störung der NK-Zellen, die für den Schutz gegen Geschwulste verantwortlich sind (Zellen mit CD16-Markern): die immunologischen Anzeichen einer Depression des Anti-Tumorschutzes war ein niedriger Spiegel von Zellen mit CD16- Markern im peripheren Blut.

Als weiteres wichtiges allgemeines Anzeichen für Immundefekte, die für Kinder aus allen Risikogruppen charakteristisch sind, ist das Vorhandensein einer anomalen Immunogenese. Sie besteht in einer allgemeinen, gleichgerichteten Tendenz zur Abnahme der Zellen, die mit dem Marker „polypotente Aktivierung“ (Marker CD 38) zur Leukozytenaktivierung beitragen, und der proliferierenden Zellen (mit den Markern CD 71). Das

zytologische Phänomen einer niedrigen Proliferationsaktivität der Lymphozyten im peripheren Blut war charakteristisch für Kinder aller Strahlenrisikogruppen (bei den meisten Kindern lag die absolute Menge der Lymphozyten unter der für ihre Altersgruppe typischen Norm).

Wichtigstes Anzeichen der gestörten Immunogenese ist ein erhöhter Ausstoß ins periphere Blut von Zellen, die einen Rezeptor zur Apoptose-Induktion (CD 95+) tragen, was möglicherweise mit der Umproduktion „nicht vollwertiger“ Zellen und ihrem Ausstoß in die Zirkulation zusammenhängt. Anscheinend kann man dieses Phänomen als „frühe Alterung der Zellen“ ansehen, es ist jedoch nicht auszuschließen, daß ein kompensatorischer Reinigungsmechanismus stattfindet, der zur schnelleren Entfernung von Zellen mit zytogenetischen oder funktionellen Defekten aus dem Kreislauf dient. Die Untersuchungsergebnisse erlauben die Schlußfolgerung, daß der hohe Stand der Vorbereitung zum Zelltod bei strahlenbelasteten Kindern eine Antwort des Organismus auf die Bestrahlung ist, und wahrscheinlich einer der wichtigsten Mechanismen zur Verhinderung der Herausbildung onkogener Effekte in bestrahlten Populationen ist.

Selbst wenn die untersuchten Patienten keine klinisch manifesten Formen von Immundefekten aufweisen, zeigen die gewonnenen Daten, daß bei den meisten Kindern aus Strahlenrisikogruppen, die direkt oder indirekt exponiert waren, Anomalien einer Reihe von Bestandteilen der Immunität vorliegen.

Eine Bewertung des Gesundheitszustandes von Kindern und Nachkommen, die der Strahlung ausgesetzt waren, besonders einer ständigen Niederdosisstrahlung, erfordert die Berücksichtigung eines ganzen Komplexes von ungünstigen Faktoren, die auf den Säugling einwirken.

Unter den Bedingungen erhöhter Hintergrundstrahlung kann die Wirkung negativer, nicht mit Radioaktivität zusammenhängender Faktoren die Besonderheiten bei Entstehung und Verlauf pathologischer Zustände verändern oder das Risiko strahleninduzierter Krankheiten erhöhen. Dazu zählt z. B. Jodmangel, der eine sehr starke Vorbedingung für die Entstehung strahleninduzierter Schilddrüsenerkrankungen ist. Zur Risikogruppe, die ein aufmerksames und langfristiges Monitoring erfordert, zählt auch die Kohorte der in utero

bestrahlten Kinder. Die Strahlensensitivität des Embryos für eine Induzierung von Spätfolgen ist 10 – 300mal größer als die des ausgewachsenen Organismus.

Die oben angeführten Daten belegen die Notwendigkeit, die Gesundheit der betroffenen Kinder - aber auch der Nachkommen erster und zweiter Generation von bestrahlten Eltern - zu erhalten und zu verbessern, bei den Kindern das Risiko maligner Neoplasmen, angeborener und genetischer Erkrankungen zu senken, hochtechnologische Verfahren der Diagnostik (zyto- und molekulargenetische, immunologische u. a.) einzusetzen und die dafür nötige Infrastruktur in der Gesundheitsversorgung vorzuhalten und zu entwickeln.

Seit der Katastrophe von Tschernobyl sind 25 Jahre vergangen, aber die Probleme sind noch da, ernste Probleme, die auch Entscheidungen auf Regierungsebene erfordern, denn es geht um die Gesundheit und das Wohlergehen der gegenwärtigen und künftiger Generationen der Bevölkerung, die durch den Unfall von Tschernobyl radioaktiver Strahlung ausgesetzt war.

## Состояние здоровья населения Беларуси, пострадавшего от катастрофы на ЧАЭС: результаты многолетнего мониторинга

### Der Gesundheitszustand der von der Katastrophe im Kernkraftwerk Tschernobyl betroffenen belarussischen Bevölkerung: Ergebnisse einer langjährigen Überwachung

### Health State of the People of Belarus Suffering from the Chernobyl Catastrophe: Results of many Years of Monitoring

Е.Я. Сосновская<sup>1</sup>, О.В. Котова<sup>2</sup>

E. Y. Sosnovskaya<sup>1</sup>, O.V. Kotova<sup>2</sup>

Доклад состоит из 3-х частей:

1 У«Гомельская областная клиническая больница», г. Гомель, Беларусь  
Bezirkskrankenhaus Gomel, Stadt Gomel, Belarus

Republican Research-Practical Center of Radiation Medicine and Human Ecology,  
Gomel, Belarus

2 УО «Гродненский государственный университет им. Янки Купалы», г. Гродно, Беларусь

Staatliche Yanek Kupal-Universität des Bezirks Grodno, Stadt Grodno, Belarus

#### Russian

#### 1 часть – состояние здоровья пострадавшего населения Республики Беларусь;

Таким образом, проведенное исследование показало, что среди населения Беларуси, пострадавшего от катастрофы на ЧАЭС и зарегистрированного в Госреестре, отмечалось снижение первичной заболеваемости, что связано, прежде всего, с реализацией риска заболеть большинством нозологических форм болезней в «закрытой» когорте. На фоне снижения первичной заболеваемости отмечался рост заболеваемости злокачественными новообразованиями и отдельными нозологическими формами неопухолевой патологии, наиболее выраженный среди ликвидаторов. За период 1995-2009 гг. произошло существенное накопление хронической патологии среди пострадавшего населения, динамика смертности имела выраженную тенденцию к росту. Рост общей заболеваемости и смертности среди пострадавшего населения, прежде всего, объясняется старением «закрытой» когорты населения, зарегистрированного в Госреестре.

#### 2 часть - риск развития злокачественных новообразований у лиц, принимавших участие в ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, в Беларуси;

Сравнение средних за период 1993-1996 гг. стандартизованных показателей заболеваемости злокачественными новообразованиями как суммарно всеми локализациями, так и отдельными изучаемыми локализациями между ликвидаторами и населением контрольной группы не выявило статистически значимых различий, за исключением заболеваемости раком щитовидной железы. Показатель заболеваемости раком щитовидной железы в этот период среди ликвидаторов составил  $19,1 \pm 2,9$  на 100000 ликвидаторов, среди населения контрольной группы –  $6,4 \pm 0,4$  на 100000 населения ( $p < 0,01$ ). В 1997-2008 гг. по сравнению с 1993-1996 гг. заболеваемость раком всех локализаций среди ликвидаторов выросла на 40,7% (в контрольной группе – на 14,6%).

Среди ликвидаторов в 1997-2008 гг. относительный риск достоверно превысил 1 как в целом для всей группы злокачественных новообразований, так и отдельных локализаций опухолей.



### **3 часть - заболеваемость раком щитовидной железы населения Гомельской области после катастрофы на Чернобыльской АЭС.**

В течение всего послеаварийного периода среди населения Гомельской области отмечалась выраженная тенденция роста заболеваемости раком щитовидной железы. За 23 года наблюдения первичная заболеваемость выросла в 10 раз – с 1,6 в 1986 году до 16,4 в 2008 году. Рост заболеваемости отмечается как среди детей, так и среди взрослых. К 1996 году достигнут пик заболеваемости детей в Гомельской области, показатель заболеваемости вырос в 60 раз (с 0,26 в 1986 году до 12,0 в 1996 году).

#### **German**

1.: Gesundheitszustand der betroffenen Bevölkerung in der Republik Belarus

Vor dem Hintergrund abnehmender Krankheitsinzidenz zeigte sich ein Anstieg der Inzidenz maligner Neoplasmen und einiger nosologischer Formen nicht-geschwulstbildender Erkrankungen, der unter den Liquidatoren am höchsten war. Über den Zeitraum von 1995 – 2009 vollzog sich eine deutliche Akkumulation chronischer Pathologie unter der betroffenen Bevölkerung, die Dynamik der Sterblichkeit hatte eine erhöhte Tendenz zum Anstieg. Der Anstieg allgemeiner Morbidität und Mortalität unter der von Tschernobyl betroffenen Bevölkerung erklärt sich vor allem mit der Alterung der im Strahlenregister erfaßten „geschlossenen“ Kohorte der Bevölkerung.

2.: Das Risiko für maligne Neoplasmen bei Personen, die an den Aufräumarbeiten nach der Katastrophe von Tschernobyl beteiligt waren

Für den Zeitraum von 1993 – 1996 ergab ein Vergleich der mittleren standardisierten Morbiditätsindikatoren für maligne Neoplasmen aller Lokalisierungen wie auch der Indikatoren für einzelne bestrahlte Lokalisierungen keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen Liquidatoren und Kontrollgruppe. Eine Ausnahme war jedoch die Schilddrüsenkrebsmorbidität, die in dieser Periode bei den Liquidatoren  $19,1 \pm 2,9$  je 100.000, bei der Bevölkerung der Kontrollgruppe bei  $6,4 \pm 0,4$  je 100.000 lag ( $r < 0,01$ ). Zwischen 1997 und 2008 nahm im Vergleich zum vorherigen Zeit-

raum die Krebsmorbidität aller Lokalisierungen unter den Liquidatoren um 40,7% zu, in der Kontrollgruppe um 14,6%. Zwischen Liquidatoren und Kontrollgruppe wurden statistisch signifikante Unterschiede bei den Werten und den Entwicklungen der onkologischen Morbidität gefunden. Bei den Liquidatoren lag im Zeitraum von 1997 – 2008 das relative Risiko stets über 1, sowohl für alle Gruppen maligner Neoplasmen zusammen als auch für einzelne Lokalisationen der Tumore.

3.: Inzidenz von Schilddrüsenkrebs bei der Bevölkerung im Bezirk Gomel nach der Katastrophe von Tschernobyl

Über die gesamte Zeit nach dem Unfall bestand unter der Bevölkerung des Bezirks Gomel eine erhöhte Tendenz zum Anstieg der Schilddrüsenkrebsmorbidität. Über die 23 Jahre der Beobachtung stieg die Inzidenz auf das 10fache: von 1,6 im Jahr 1986 auf 16,4 im Jahr 2008. Der Anstieg der Inzidenz ist sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen festzustellen. Mit dem Jahr 1996 wird ein Peak der Inzidenz bei Kindern im Bezirk Gomel erreicht, der Indikator stieg um das 60fache (von 0,26 im Jahr 1986 auf 12,0 im Jahr 1996).

(N.B.: Dieses Abstract wurde nach der deutschen Übersetzung einer Langfassung und nicht von den Autorinnen erstellt. A.H.)

Freitag, 8. April 2011 / Friday, April 8, 2011

9.00 – 10.30 Uhr Sitzung 1 / 9.00 – 10.30 a.m. Session 1:

Gesundheitliche Strahlenfolgen 3

Health Damages by Radiation 3

## Features of Cognitive Impairment, EEG and Event-Related Potentials in Clean-Up Workers of Chernobyl Accident

### Besonderheiten der Beeinträchtigung der kognitiven Funktionen, des EEG und ereignisbezogene Potentiale bei Liquidatoren des Tschernobyl-Unfalls

Ludmila A. Zhavoronkova, Nina Kholodova, Alexey Belostocky, Svetlana Kuptsova

Institute of Higher nervous Activity & Neurophysiology RAS,  
Russia, Rentgenoradiology Centre, Ministry of Health of the Russian Federation,  
Russia

Institut für Höhere Nervenaktivität und Neurophysiologie der Russischen Akademie  
der Wissenschaften; Zentrum für Röntgenradiologie des Gesundheitsministeriums der  
Russischen Föderation, Moskau, Rußland

#### English

An integrated electroencephalographic (EEG), cognitive event-related potentials (ERP) and neuropsychological study was performed in period from 2000 till 2011 in persons who participated in the liquidation of the consequences of the Chernobyl accident (liquidators) in 1986-1987 and in healthy subjects. EEG study, using power spectra, coherence, and EEG asymmetry coefficients was performed in 189 liquidators and 63 age-matched healthy controls. The lower EEG power in alpha band was found in Chernobyl workers over 10 or more years after works in Chernobyl. EEG coherence analysis revealed the existence of two stages in EEG alterations following the Chernobyl clean-up. In the early stage (3-5 years after works in Chernobyl), an increase of EEG coherence in the central brain areas was observed. At the later stage (over 20 years) in liquidators (aged about 50) decrease of EEG coherence, most prominent in the frontal brain areas, and reduced brain asymmetry prevailed similar to persons of old age (aged over 60). The neuropsychological study showed impairment of cognitive functions, including asponaneity, fatigability, a decrease in the auditory-verbal and visual memories, and higher motor function deficiency in liquidators in the late period (20- 25 years after Chernobyl accident). Analysis of ERP showed a decrease of amplitudes for all components (N1, N2, P3) in liquidators compared to healthy subjects of the same age. Analysis of the latent period (LP) of ERP in liquidators showed a decrease of LP for early components - N1 and N2, reflecting perception and synthesis of information and an increase for P3, reflecting processing and analysis of cognitive information. The LP reactive arran-

gement changes for ERP in liquidators exhibited "uneconomical" reactivity with responses to all stimuli as compared to normal subjects, which suggests impairment in the attention and short-term and long-term memory and disorders of cognitive functions. Thus, integrate and longitudinal study including EEG, ERP and neuropsychological investigations allowed us to propose that the described disorders may be a reflection of radiation-induced brain dysfunction in Chernobyl liquidators and may be markers of brain ageing. These data support the hypotheses on accelerated brain ageing as results of irradiation effect while can propose also on pathological ageing caused by low dose irradiation

#### German

Im Zeitraum von 2000 bis 2011 wurde eine integrierte Studie zum EEG, zu kognitiven ereignisbezogenen Potentialen (event-related potentials, ERP) und zur Neuropsychologie an Personen, die bei Aufräumarbeiten der Folgen des Tschernobyl-Unfalls beteiligt waren, und an gesunden Personen durchgeführt. Die EEG-Untersuchungen auf Spektrum der Potentialschwankungen, Kohärenz und EEG-Asymmetrie-Koeffizienten wurden an 163 Liquidatoren und 63 altersentsprechenden gesunden Kontrollen durchgeführt. Zehn und mehr Jahre nach ihrem Einsatz in Tschernobyl wurde im Band der Alphawellen eine geringere Stärke im EEG gefunden. Die EEG- Kohärenzanalyse zeigte die Existenz von zwei Stadien bei den EEG-Veränderungen nach dem Tschernobyl-Einsatz. Im frühen Stadium (3-5 Jahre nach dem Einsatz) wurde ein Anstieg der EEG-Kohärenz beobachtet. Im späteren Stadium (über 20 Jahre nach

dem Einsatz) wurde bei den Liquidatoren, die um die 50 Jahre alt waren, eine Abnahme der EEG-Kohärenz festgestellt, die in den frontalen Gehirnarealen am deutlichsten erkennbar war; ebenso fand sich häufig eine verminderte Gehirnasymmetrie, wie sie ähnlich bei Menschen über 60 Jahren zu finden ist. Die neuropsychologische Untersuchung fand eine Beeinträchtigung der kognitiven Funktionen, darunter A-Spontaneität, Ermüdbarkeit, abnehmende auditiv-verbale und visuelle Gedächtnisleistung sowie höhere Defizite der motorischen Funktionen bei Liquidatoren 20 – 25 Jahre nach dem Unfall von Tschernobyl. Die Analyse der ereignisbezogenen Potentiale (ERP) zeigte eine Abnahme der Amplituden aller Komponenten (N1, N2, P3) bei den Liquidatoren im Vergleich mit Gesunden desselben Alters. Die Analyse der Latenzperiode (LP) der ERP bei Liquidatoren zeigte eine Abnahme für die frühen Komponenten N1 und N2, die Wahrnehmung und Synthetisierung von Information reflektieren, und eine Zunahme von P3, das die Verarbeitung und Analyse kognitiver Information reflektiert. Die Veränderungen des reaktiven Arrangements beim ERP wies bei den Liquidatoren im Vergleich zu Gesunden eine „unökonomische“ Reaktivität bei Reaktionen auf alle Stimuli auf, was auf Beeinträchtigungen der Aufmerksamkeit, des Kurz- und Langzeitgedächtnisses und auf Störungen kognitiver Funktionen hindeutet. Der Ansatz einer integrierten Longitudinalstudie erlaubte uns zu behaupten, daß die beschriebenen Störungen eine Reflektion strahleninduzierter Gehirndysfunktion bei den Tschernobyl-Liquidatoren sind und vielleicht eine Gehirnalterung anzeigen. Die Daten stützen die Hypothesen beschleunigter Gehirnalterung als Wirkung von Bestrahlung, können aber auch auf pathologisches Altern aufgrund von Niederdosisstrahlung hindeuten.

**Freitag, 8. April 2011 / Friday, April 8, 2011**

9.00 – 10.30 Uhr Sitzung 1 / 9.00 – 10.30 a.m. Session 1:

Gesundheitliche Strahlenfolgen 3

Health Damages by Radiation 3

**Неврологические, нейропсихологические и нейрофизиологические проявления преждевременного старения у участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС**

**Neurologische, neuropsychologische und neurophysiologische Erscheinungen vorzeitigen Alterns bei Liquidatoren des Unfalls im Kernkraftwerk Tschernobyl**

**Neurological, Neuropsychological and Neurophysiological Manifestations of Premature Ageing of Participants in the Liquidation of Consequences of the Chernobyl Accident**

Холодова Н.Б., Жаворонкова Л.А., Рыжов Б.Н.

Nina B. Kholodova, L. A. Zhavoronkova, B.N. Razhov

Russisches Wissenschaftszentrum für Radiographie; Institut für Neurophysiologie und Höhere Nervenaktivität, Akademie der Wissenschaften, Moskau

**Russian**

Обследовано 59 участников ЛПА на Чернобыльской АЭС в 1986-87гг. в динамике на протяжении с 1990г. по 2006г. методами клинического неврологического, клинического нейропсихологического исследования, электроэнцефалографии, исследования когерентности мозга и стабิโลграфии. Возраст обследованных пациентов в 1990г. составлял от 24 до 41 лет, в 2006г. соответственно от 40 до 57 лет. Отмечается прогрессирующее ухудшение состояния здоровья пациентов, раннее развитие и прогрессирование когнитивных и психоэмоциональных расстройств. Общая интерпретация всех полученных данных заключается в постулировании синдрома ускоренного или преждевременного старения организма человека после перенесенного облучения.

pretation aller gewonnenen Daten führt zum Postulat eines Syndroms der beschleunigten und vorzeitigen Alterung des menschlichen Organismus nach überstandener Strahlenexposition.

**English**

A total of 59 liquidators of the Chernobyl NPP in 1986/87 were observed dynamically from 1990 to 2006. Methods of clinical neurology, clinical neuropsychological studies, electroencephalography, study of the coherence of the brain and stabilography were applied. There has been a progressive deterioration of the health status of patients, early development and progression of cognitive and emotional disorders. Overall interpretation of all data obtained results in postulating a syndrome of accelerated or premature ageing of the human body after suffering exposure.

**German**

59 Beteiligte an den Aufräumarbeiten im Atomreaktor Tschernobyl in den Jahren 1986/87 wurden zwischen 1990 und 2006 mittels klinisch-neurologischer oder klinisch-neuropsychologischer Untersuchungen, EEGs, Untersuchungen der Gehirnkohärenz und mit Stabilographie im Verlauf beobachtet. Das Alter der untersuchten Patienten lag 1990 zwischen 24 und 41 Jahren, 2006 also zwischen 40 und 57 Jahren. Es zeigte sich eine progrediente Verschlechterung des Gesundheitszustandes der Patienten, eine frühe Entwicklung und schnelles Fortschreiten kognitiver und psycho-emotionaler Störungen. Eine Gesamtinter-

## Состояние здоровья участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС- жителей Подмосковья в отдаленном периоде.

### Der Gesundheitszustand der in der Umgebung Moskaus lebenden Liquidatoren von Tschernobyl, lange nach dem Unfall

#### The State of Health of Chernobyl Liquidators Living around Moscow

Широкова Е.Б., Любченко П.Н.

E. B. Schirokova, P. N. Ljubchenko

Московский областной научно-исследовательский клинический институт им.

М.Ф. Владимирского

M. F. Wladimirskij- Institut für klinische Forschung des Bezirks Moskau

#### Russian

Чернобыльская катастрофа дала толчок целому ряду событий, имевших глубокие социальные, политические и научные последствия. [ Р. Гейл].

Воздействие экстремальных доз облучения и незамедлительные последствия чернобыльской аварии на здоровье в настоящее время изучены хорошо. Острая лучевая болезнь развилась у 237 спасателей. Из 134 госпитализированных для лечения 28 человек умерли еще в 1986 г., остальные 19 умерли за период 1987-2004 г.г., а среди выживших на сегодняшний день не исключены дополнительные преждевременные смерти. Долговременные же последствия пока до конца не ясны. Пройдет еще немало времени, прежде чем человечество сможет оценить весь «разрушительный потенциал» Чернобыля [ TORCH, с.52].

В Московском областном научно-исследовательском клиническом институте (МОНИКИ) наблюдение за состоянием здоровья ликвидаторов, эвакуированных и переселенцев с радиоактивно загрязненных территорий ведется с 1986 г. В Медико-дозиметрическом регистре Московской области (ММДРМО) на 01.01.2011г. состоит на учете – 5985 человек, из них:

- 3368 ликвидаторов аварии на ЧАЭС;
- 1489 эвакуированных и переселенцев с радиоактивно загрязненных территорий;
- 196 детей, родившихся от эвакуированных и переселенцев;
- 932 ребенка, родившихся от ликвидаторов.

Структура заболеваемости облученных лиц на протяжении последних 5 лет практически оставалась стабильной, однако имеется тенденция к росту сердечно-сосудистых заболеваний.

Первые случаи злокачественных новообразований у ликвидаторов зарегистрированы в 1990 г. Обращал внимание значительный удельный вес опухолей головного мозга выявляемых в 90-е годы, так в 1998 г. их частота в структуре онкологических заболеваний составляла 16,7%. Гемобластозы были выявлены у 7 ликвидаторов (8,4%), 4 из них работали на ЧАЭС в 1986 г., 2 – в 1986 и 1987 г.г., 1- в 1989 г. Доза облучения известна только у 3 заболевших – от 0,3 до 10 рентген. Анализ заболеваемости раком щитовидной железы у ликвидаторов показал, что за весь период наблюдения эта патология была выявлена у 11 человек- 10 мужчин и 1 женщины ( 2,86 случаев на 1000 населения), 5 из них работали на ЧАЭС в 1986 г. , 5- в 1987г., 1- в 1988 г. Латентный период составил от 6 до 16 лет.

На учете в МДРМО в 2011 г. находится 120 человек с онкологическими заболеваниями ( в 2008 г.-112 человек, в 2007 г.- 114 человек, в 2006 г.- 93 человека). Структура онкологических заболеваний в 2006-2010 г.г. представлена в таблице 2 и на рис. 2. Первые 3 места занимают заболевания желудочно-кишечного тракта, мочеполовой системы ( в том числе почек), органов дыхания.

В 90-х годах онкологическая заболеваемость преобладала в возрастных группах от 40 до 49 лет и от 50 до 59 лет. У мужчин в Российской Федерации пик онкологической заболеваемости сдвинут в более старшие

группы 60-69 лет и 70 лет и старше. В настоящее время средний возраст заболевших ликвидаторов приблизился к среднему возрасту заболевших мужчин в России и составил в 2008г.- 59,4 года; в 2009 г.- 50,3 года; в 2010 г.- 60,8 лет.

По данным министерства здравоохранения и Московской области заболеваемость чернобыльцев (общая группа ликвидаторов, эвакуированных, переселенцев) не превышает таковую у мужского населения Московской области.

При анализе динамики онкологической заболеваемости среди ликвидаторов видим, что наибольший пик впервые выявленных онкологических заболеваний пришелся на 1998-99 г.г. и 2006 г. что может быть обусловлено как истинным всплеском онкологической заболеваемости в эти годы, так и поздней диагностикой ранее имевшихся заболеваний. В пользу последнего может свидетельствовать высокий уровень летальности – 44,06% в первый год с момента установления диагноза, что превышает аналогичный показатель в целом по Российской Федерации. В 2007-2009 г.г. онкологическая заболеваемость у ликвидаторов приблизилась к общероссийской.

Особенностью состояния сердечно-сосудистой системы у ликвидаторов в первые годы была выраженная дисфункция вегетативной регуляции. На ЭКГ это проявлялось брадикардией у 47,5% ликвидаторов, эктопическим предсердным ритмом у 12,2%. После проведения ортостатической, фармакологических проб мы пришли к выводу о снижении чувствительности бета-адренорецепторов у ликвидаторов и вторичном преобладании тонуса блуждающего нерва у ликвидаторов. В более поздние сроки наблюдения (более 10 лет после работы на ЧАЭС) сохранялись регуляторные нарушения в виде изменения суточного профиля синусового ритма: синусовая брадикардия сменилась тахикардией в дневные часы у 40% ликвидаторов, отсутствовало вагусное влияние на миокард ночью. При суточном мониторинговании АД отмечалось

недостаточное снижение АД в ночное время, эпизоды гипотензии.

Известно, что слизистая оболочка желудочно-кишечного тракта (особенно тонкой кишки) обладает выраженной радиочувствительностью. В первые 5-10 лет частота заболеваний гастродуоденальной зоны среди ликвидаторов по данным клинико-эндоскопического и гистологического исследования биоптатов слизистой оболочки желудка и 12-перстной кишки составляла 80,8%, что превышало популяционный уровень. Клиническая картина этих заболеваний имела ряд особенностей:

частое бессимптомное течение (у 46,34%), повышенную частоту эрозивных гастродуоденитов (25%), что превышало частоту этой патологии в популяции, относительную редкость язвенной болезни; сочетание в 50,56% случаев с симптомами выраженной вегето-сосудистой дистонии. Течение эрозивного гастродуоденита часто было затяжным, рецидивирующим, резистентным к проводимой терапии. Морфологическими особенностями состояния слизистой оболочки желудка и 12-перстной кишки являлись: дефицит иммунокомпетентных клеток, разрушение клеточных мембран, обсемененность пилорическими хеликобактериями слизистой оболочки желудка была выявлена в 82,8%, однако в 55% случаев, она была умеренной и чаще определялась у больных без эрозивных изменений слизистой оболочки желудка.

Динамическое обследование выявило: усугубление воспалительных, дистрофических и дисрегенераторных процессов в слизистой оболочке желудка (в основном у ликвидаторов, работавших на ЧАЭС в 1986 г.), достоверное увеличение числа выраженных дуоденитов, сохранение тенденции к образованию микроэрозий, микрогеморрагий и микрополипов, уменьшению числа межэпителиальных лимфоцитов (более выраженные у ликвидаторов, работавших на ЧАЭС 1986 г.).

При исследовании ферментативной функции тонкой кишки была выявлена селективная малабсорбция лактозы у 38,21% ликвидаторов (у жителей Московской области - 37,03%), тенденция к снижению активности других

дисахаридаз- сахаразы, мальтазы, а также щелочной фосфатазы в слизистой оболочке и смывах надэпителиальной слизи (наиболее выраженная у ликвидаторов, работавших на ЧАЭС в 1986 г.). Резорбтивная функция тонкой кишки также была нерезко снижена (у ликвидаторов, работавших на ЧАЭС в 1986 г.). Нарушения ферментообразующей и резорбтивной функций тонкой кишки не сопровождались выраженными клиническими проявлениями (малдигестией и малабсорбцией) и имели тенденцию к нормализации при длительном наблюдении.

Кишечный дисбиоз, диагностированный у большинства ликвидаторов, имел нерезко выраженный характер и не требовал специального лечения, а только коррекции диеты.

Соматическая заболеваемость чернобыльцев (в том числе ликвидаторов) в 1,5-5 раз выше по основным классам болезней, кроме психических расстройств- чернобыльцы страдают этой патологией в 2,5 раза реже.

В структуре смертности лиц, подвергшихся радиационному воздействию по данным МДРМО в течение последних 5 лет (2006-2010 г.г.) первое место принадлежит заболеваниям сердечно-сосудистой системы, что с учетом постарения этой группы людей вполне объяснимо. Однако неясным вклад ионизирующего излучения в развитие сердечно-сосудистых заболеваний. Согласно последним данным наблюдений за жертвами Хиросимы и Нагасаки (Preston et al., 2003), приведенным в (TORCH, с. 65-66) имеется линейная дозо- зависимая связь облучения и инфарктов миокарда у людей, подвергшихся воздействию радиации в возрасте до 40 лет.

### German

Seit 1986 werden im klinischen Forschungsinstitut Liquidatoren, Evakuierte und Umgesiedelte aus strahlenverseuchten Gebieten auf ihren Gesundheitszustand untersucht. Das Medizinisch-Dosimetrische Register des Bezirks Moskau (MDRM) umfaßt am 1. 1. 2011 5985 Personen, davon sind 3368 Liquidatoren, 1489 Evakuierte und Umgesiedelte, 196 Kinder, die von Evakuierten und Umgesiedelten geboren wurden, und 932 Kleinkinder, die von Liquidatoren abstammen.

In den letzten fünf Jahren hat sich die Struktur der Morbidität unter strahlenexponierten Personen kaum geändert, jedoch ist eine Tendenz zum Anstieg bei kardiovaskulären Erkrankungen zu verzeichnen. Unter den onkologischen Erkrankungen nehmen Krebse des Magen-Darmtraktes, des urogenitalen Systems und der Atemorgane die ersten drei Plätze ein. Während unter der männlichen Bevölkerung der Russischen Föderation Krebserkrankungen stetig und langsam ansteigen, sind unter den Liquidatoren zwei deutliche Höhepunkte in den Jahren 1998/9 und 2006 zu verzeichnen. Die Sterblichkeit ein Jahr nach Diagnose betrug bei den erkrankten Liquidatoren 44,06%.

Die Inzidenz somatischer Erkrankungen war 2009 unter den „Tschernobylzen“ (Liquidatoren, Evakuierte, Umgesiedelte) gegenüber der erwachsenen Allgemeinbevölkerung des Bezirks Moskau um das 1,5- bis 5-Fache erhöht, eine Ausnahme stellen lediglich psychische Erkrankungen dar.

Bei den Liquidatoren nimmt die Zahl der Herz-Kreislaufkrankungen, die einen Krankenhausaufenthalt erfordern, auch nach langen Jahren nicht ab. Wegen der bekannten Strahlenempfindlichkeit der Schleimhäute des Magen-Darmtraktes ist die Erkrankungshäufigkeit hier bei den Liquidatoren erhöht und die Erkrankungen weisen einige Besonderheiten auf. So sind die Funktionen der Darmschleimhaut im Hinblick auf die Fermentierung etlicher Lebensmittelbestandteile gestört. Zum Teil waren spezielle Therapien und Diäten erforderlich.

Als Konsequenzen für die medizinische Versorgung der durch den Unfall von Tschernobyl strahlenbelasteten Bevölkerung sehen wir die Notwendigkeit:

- Somatische Erkrankungen, insbesondere kardiovaskuläre, früh zu diagnostizieren.

- Onkologische Erkrankungen früh zu diagnostizieren

- Die entdeckten Krankheiten adäquat zu therapieren

- Die Inzidenz dynamisch zu beobachten

- Soziale Unterstützung zu leisten

(Anm.: Das Abstract wurde nach dem russischen Langtext und nicht von den Autoren verfaßt; A.H.)

## **Internal Dosimetry of Radium and Thorotrast**

### **Innere Dosimetrie von Radium und Thorotrast**

Chris Busby

University of Liverpool, Dept of Human Anatomy and Cell Biology, And Green Audit, Aberystwyth, UK

#### **English**

This contribution examines the argument that the risk model of the ICRP which is based upon external radiation is supported for internal exposures by epidemiological studies into the cancer effects of radium-226, radium-224 and thorotrast, a Th-232 contrast medium, employed in medical and other procedures before and shortly after the 2nd war. As early as 1971 the Director of the UK Medical Research Council JF Loutit re-examined the issue and pointed out that at the doses involved there were significant non cancer bone marrow effects which might cause loss of life before cancer. Analysis of data from both radium and thorotrast studies shows this to be true with significant fractions of those groups exposed dying prematurely from other causes. The study groups were assembled long after the exposures and so not all those who had been exposed were in the study group: only the survivors. Many were dead. This biased the samples

A number of published studies give sufficient data to show that there was a high rate of death in the early period before the groups were assembled

One example is a Ra-224 study by Wick et al of the exposure group of German patients who were treated between 1948-75 with Ra-224 for ankylosing spondylitis. There were 1501 total patients for which 69 were missing and 433 were dead. But 3 of them developed bone cancer, 5 developed leukemia and 6 bone marrow failure. This tiny cancer yield may approximate to the range predicted by the ICRP model (assuming that the dose could be accurately described) but what about the missing people? In addition reanalysis of Japanese data on thorotrast patients shows that females lost 9 years of life relative to the all Japanese population.

Finally, the doses were not isotropic. For Thorotrast, the material was stored in depots in parts of the body where cells were quite resistant to radiation. This is important since it can be argued that

the discussions of “hot particle” exposures might be informed by Thorotrast results. Therefore these studies cannot be used to inform risk from internal exposures and do not support the ICRP risk model.

A provisional; ECRR hazard factor of 20 has been assigned to Radium.

#### **German**

Dieser Beitrag untersucht das Argument, daß epidemiologische Studien zu den Krebsfolgen von Radium-226, Radium-224 sowie Thorotrast, einem Thorium-232-Kontrastmittel, das auf externer Bestrahlung basierende Risikomodelle der ICRP auch für innere Bestrahlung stützen. Thorotrast wurde vor und kurz nach dem 2. Weltkrieg in medizinischen und anderen Verfahren angewandt. Schon 1971 beschäftigte sich der Direktor des Britischen Medizinischen Forschungsrates J. F. Loutit mit dieser Frage und wies darauf hin, daß es bei den eingesetzten Dosen bedeutende nicht-kanzeröse Wirkungen auf das Knochenmark gibt, die schon vor dem Krebsstod zu Todesfällen führen könnten. Eine Analyse der Daten von Radium- und von Thorotraststudien zeigt, daß dies in der Tat so ist, denn signifikante Bruchteile der exponierten Gruppen starben verfrüht an anderen Ursachen. Die Gruppen in diesen Studien wurden lange nach der Exposition zusammengestellt, und nicht alle Exponierten waren vertreten: nur die Überlebenden. Viele waren schon tot. Dadurch kam ein Bias in die Stichproben.

Eine Reihe publizierter Studien belegen zur Genüge, daß in der Frühzeit, vor Zusammenstellung der Gruppen, eine hohe Sterblichkeit unter den Betroffenen vorhanden war.

Ein Beispiel ist die Studie zu Radium-224 von Wick et al. über eine exponierte Gruppe von deutschen Patienten, die zwischen 1948 und 1975 wegen Spondylitis ankylosans (chronische,



**Freitag, 8. April 2011 / Friday, April 8, 2011**

11.00 – 12.00 Uhr Sitzung 2 / 11.00 – 12.00 a.m. Session 2:

Gesundheitliche Strahlenfolgen 4

Health Damages by Radiation 4

entzündlich-rheumatische Erkrankung des Achsenskeletts) mit Ra-224 behandelt wurden. Es gab insgesamt 1501 Patienten, von denen 69 nicht ermittelt werden konnten und 433 gestorben waren. 3 von ihnen entwickelten Knochenkrebs, 5 entwickelten Leukämie und 6 ein Versagen des Knochenmarks. Dieser kleine Anteil an Krebskranken könnte ungefähr in dem Rahmen liegen, den das ICRP-Modell prognostiziert (unter der Voraussetzung, daß die Dosis korrekt beschrieben werden konnte). Was ist aber mit den fehlenden Leuten?

Zusätzlich zeigt eine Nachanalyse von japanischen Daten zu Thorotrast, daß weibliche Patienten im Vergleich zur gesamten japanischen Bevölkerung 9 Lebensjahre verloren.

Und schließlich waren die Dosen nicht isotrop. Bei Thorotrast wurde das Material in Teilen des Körpers gespeichert, wo die Zellen gegen Strahlung recht resistent sind. Das ist wichtig, weil es nahelegt, daß die Diskussionen über Exposition durch „heiße Partikel“ durch die Ergebnisse zu Thorotrast neuen Stoff bekommen.

Also können die genannten Studien nicht gebraucht werden, um das Risiko durch innere Bestrahlung abzubilden und stützen das Risikomodell der ICRP nicht.

Das European Committee on Radiation Risk schlägt vorläufig einen Risikofaktor von 20 für Radium vor.



## **Gesundheitliche Auswirkungen des Uranbergbaus - Erfahrungen in Deutschland**

### **Health Effects by Uranium Mining – Experiences from Germany**

Sebastian Pflugbeil

Gesellschaft für Strahlenschutz, Berlin

Germany Society for Radiation Protection, Berlin, Germany

#### **German**

Bereits der erste Schritt zur Gewinnung von Atomenergie ist schmutzig, da enorme Mengen von Radioaktivität bewegt werden müssen, um das spaltbare Uranisotop-235 zu gewinnen, das nur zu 0,7 % im natürlichen Isotopengemisch des Urans vorhanden ist. Die überwiegende Bestrahlung geht von dem vorherrschenden Uran-238 und seinen radioaktiven Folgeprodukten aus. Unter diesen befindet sich das gasförmige alphastrahlende Radon-222, das durch den Abbau aus dem Erz freigesetzt wird. Die Bergleute und die Beschäftigten in den Uranerzaufbereitungsbetrieben sowie auch die Bevölkerung in der Umgebung werden durch Radon und radioaktiven Staub belastet.

Das Interesse an Atomwaffen und Atomkraftwerken erklärt das systematische Widerstreben, den vollen Umfang der mittlerweile vielfach dokumentierten Gesundheitsschäden durch den Uranbergbau anzuerkennen. Der frühere weltweit drittgrößte Abbaubetrieb „Wismut“ in Ostdeutschland, den die sowjetische Besatzungsmacht 1946 errichten ließ, beschäftigte bis 1990 etwa 600.000 Bergleute und Arbeiter in den Aufbereitungsbetrieben. Lungenkrebs wird bei ihnen nur bei offiziell festgestellter sehr hoher Radondosis als Berufskrankheit anerkannt. Bergleute mit Krebserkrankungen außerhalb des Atemtrakts haben praktisch keine Chance auf Kompensation. Gleiches gilt bei Lungenfibrose. Studien in der Bevölkerung werden so angelegt, dass man praktisch keinen signifikanten Effekt erwarten kann.

which damages miners and populations living in the vicinity. The aim is to gain the fissile isotope uranium-235 which is only 0,7 % of uranium in its natural composition. The main radioactivity belongs to the accompanying prominent isotope uranium-238 and its unstable descendants, among these gaseous alpha-emitting radon-222, which is released from the ore by the mining procedure. Many health effects are reported as a consequence of radon emission and radioactive dust. The former uranium plant “Wismut” in East Germany – established in 1946 by the Soviet forces for military purposes – employed about 600,000 miners and other workers in the processing facilities until 1990. Lung cancer is accepted as occupational disease only in case of officially stated very high exposure. Miners suffering from extrapulmonary cancer have nearly no chance of getting compensation. The same is true for pulmonary fibrosis. The reasons for this were studied and found irresponsible.

#### **English**

Nuclear power is again praised at present as a safe and clean energy source saving the climate of the world. It is generally ignored that, for this, uranium is needed from the earth's crust, and that the first step of the nuclear “chain” is a dirty one, handling enormous amounts of radioactivity

**Freitag, 8. April 2011 / Friday, April 8, 2011**

13.00 – 15.00 Uhr Sitzung 1 / 1.00 – 3.00 p.m. Session 3:

Technische Aspekte

Technical Aspects

## **Апрельские тезисы**

### **Aprilthesen**

### **April Theses**

**В.Усатенко / Vladimir Usatenko**

Nationale Strahlenschutzkommission der Ukraine, Berater des Ukrainischen Parlaments für Tschernobylfragen, Kiew, Ukraine

#### **Russian**

1. Чернобыль - 25 лет неведения и неопределенности.
2. Жертвы непризнанной опасности (Иванковский район).
3. Зона отчуждения - новый саркофаг на старых радиоактивных отходах.
4. Экономика ядерной энергетики Украины - бизнес на могильниках.
5. Украина - перспективное кладбище в центре Европы.
6. Возможности предотвращения дальнейшего развития катастрофы.

#### **German**

1. Tschernobyl – 25 Jahre Ungewißheiten und Ausweichmanöver
2. Die Opfer einer unerkannten Gefahr (Kreis Iwankow)
3. Sonderzone – neuer Sarkophag über alten radioaktiven Abfällen
4. Die Ökonomie der Kerntechnik in der Ukraine – Business auf Totenhügeln
5. Die Ukraine – ein Friedhof mit Perspektiven in der Mitte Europas
6. Möglichkeiten zur Verhütung einer Weiterentwicklung der Katastrophe

## Theses about the Chernobyl Accident

### Thesen zum Ablauf der Tschernobylkatastrophe

С уважением / Konstantin Checherov

RSC Kurtschatov-Institut Moskau

1) выброс ядерного топлива составил 90-96 %. Аргументы: шахта реактора пуста; плавление за счёт энерговыделения ядерного топлива без продолжения цепной ядерной реакции деления невозможно; методы оценок количества ядерного топлива в внутри 4-го блока смехотворны, а предлагаемые заключения являются придуманными; инвентаризация ядерных материалов 4-го блока не была проведена за последние 25 лет и не будет проведена никогда; что позволяет даже банкирам утверждать свои оценки количества ядерного топлива;

2) Нет ядерной опасности 4-го блока ЧАЭС, нет тепловой опасности, нет опасности обрушения: после стабилизации строительных конструкций нет никакого смысла в новом безопасном конфайнменте (НБК);

3) Был ядерный взрыв, а не взрыв гремучей смеси; взрыв был один, а не два, не три; взрыв был не в ШР, а в ЦЗ;

4) База данных по франко-германской инициативе: ни уму, ни сердцу; ни для чего, ни для кого; база придуманных данных;

5) РБМК - хороший реактор; колпак не нужен: start-up accident родилась не в СССР и не после чернобыльской аварии; в чём физический смысл start-up accident? В разгоне мощности ядерного реактора при чрезмерном извлечении регулирующих стержней при начале работы ядерного реактора, когда ещё не наработаны в значительном количестве яды-поглотители нейтронов (похожая ситуация в импульсных реакторах, но там, как бы каждый следующий период является началом кампании [Инженерные расчёты ядерных реакторов; теория импульсных реакторов Шевелёва]); но давайте извлечём (мысленно) стержни-поглотители в середине кампании: что изменится по сравнению с start-up accident? Только время начала разгона - нужно время, для снижения до нуля количества ядов. Это может быть достигнуто, например, просто ожиданием после извлечения стержней-

поглотителей. Возможен и другой вариант: сначала постепенно снижать мощность реактора в течение ~ 20-25 часов, а потом извлечь стержни-поглотители. Что и было сделано на 4-м блоке ЧАЭС. Можно огорчаться, что система управления реактором позволила это сделать (она и не такое позволяла, если почитать монографию её создателей), но вспомним, что start-up accident родилась тоже не от совершенства ядерных реакторов, не в СССР, задолго до чернобыльской аварии. Вспомним, что авария на ядерном реакторе Windscale была сотворена руками английских операторов в 1957 г. - почти за 30 лет до ЧА. Зона отчуждения была установлена в 500 кв. км; R = 12,62 км. И это не была start-up accident. Т.е. возможны варианты. Я бы не постеснялся предложить антиподам свою «Теорему 3-х шагов», которая доказывает, что люди при желании могут взорвать любой реактор, в том числе, и реактор с «колпаком», и последствия в таком случае будут гораздо хуже, чем в 1986 г.

### German

1. Der Kernbrennstoff wurde zu 90 – 96% ausgestoßen. Argumente: Der Reaktorschacht ist leer; eine Beherrschung der Energieerzeugung durch den Kernbrennstoff ist ohne Fortsetzung der nuklearen Kettenreaktion nicht möglich; die Methoden zur Abschätzung der Menge des Kernbrennstoffes in Block 4 sind lächerlich, die vorgeschlagenen Schlußfolgerungen sind wohl vorher ausgedacht.

2. Eine nukleare Gefahr durch Block 4 des Kernkraftwerks Tschernobyl besteht nicht, keine thermische Gefahr, keine Strahlengefahr. Nach der Stabilisierung der baulichen Konstruktionen hat das neue Sicherheitsconfinement nicht den geringsten Sinn.

3. Es gab eine Kernexplosion, keine Explosion eines Knallgasgemischs. Nur eine Explosion,

**Freitag, 8. April 2011 / Friday, April 8, 2011**

13.00 – 15.00 Uhr Sitzung 1 / 1.00 – 3.00 p.m. Session 3:

Technische Aspekte

Technical Aspects

nicht zwei, nicht drei. Die Explosion fand im Zentralraum statt.

4. Die Datengrundlage des Computermodells zum Zustand des Sarkophags, das im Rahmen der französisch-deutschen Initiative erstellt wurde, ist ohne Sinn und Verstand; für nichts und für niemand; eine Basis ausgedachter Daten.

## Estimation of Explosion Energy Yield at Chernobyl NPP Accident

### Abschätzung der beim Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl freigesetzten Explosionsenergie

Sergey A. Pakhomov, Yuri V. Dubasov

V.G. Khlopin Radium Institute, St.-Petersburg, Russia

V. G. Khlopin-Institut für Radium, St. Petersburg, Rußland

#### English

The value of the  $^{133}\text{Xe}/^{133\text{m}}\text{Xe}$  isometric activity ratio for the stationary regime of reactor work is about 35, and that for an instant fission (explosion) is about 11, which allowed estimation of the nuclear component of the instant (explosion) energy release during the NPP accident. Atmospheric xenon samples were taken at the trajectory of accident product transfers (in the Cherepovetz area); these samples were measured by a gamma spectrometer, and the  $^{133}\text{Xe}/^{133\text{m}}\text{Xe}$  ratio was determined as an average value of 22.4. For estimations a mathematic model was elaborated considering both the value of instant released energy and the schedule of reactor power change before the accident, as well as different fractionation conditions on the isobaric chain.

Comparison of estimated results with the experimental data showed the value of the instant specific energy release in the Chernobyl NPP accident to be  $2 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^6$  J/Wt or  $6 \cdot 10^{14} - 6 \cdot 10^{15}$  J (100–1,000 kt). This result is matched up to a total reactor power of 3,200 MWt. However this estimate is not comparable with the actual explosion scale estimated as 10t TNT. This suggests a local character of the instant nuclear energy release and makes it possible to estimate the mass of fuel involved in this explosion process to be from 0.01 to 0.1% of total quantity.

#### German

Der Wert des Verhältnisses der isometrischen Aktivität von  $^{133}\text{Xe}/^{133\text{m}}\text{Xe}$  liegt im Reaktor-normalbetrieb bei etwa 35.; der Momentanwert bei Fission (Explosion) liegt bei etwa 11. Das erlaubt eine Abschätzung der nuklearen Komponente des momentanen (Explosions-)Energieausstoßes während des Unfalls in dem Kernkraftwerk. Xenonproben aus der Atmosphäre wurden aus der Flugbahn der beim Unfall entstandenen Produkte entnommen (im Gebiet Cherepovitz).

Diese Proben wurden gammaspektrometrisch untersucht, und der durchschnittliche Wert des  $^{133}\text{Xe}/^{133\text{m}}\text{Xe}$  –Verhältnisses als 22,4 ermittelt. Zur Abschätzung wurde ein mathematisches Modell entwickelt, das den Wert der momentan freigesetzten Energie ebenso berücksichtigt wie den Zeitablauf der Veränderungen der Reaktorleistung vor dem Unfall und auch unterschiedliche Fraktionierungsbedingungen auf der isobarischen Kette. Ein Vergleich der geschätzten Ergebnisse mit den experimentellen Daten zeigte, daß der Momentanwert der spezifischen Energiefreisetzung bei dem Kernkraftwerksunfall von Tschernobyl bei  $2 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^6$  J/Wt oder  $6 \cdot 10^{14} - 6 \cdot 10^{15}$  J (100 – 1000 kt) lag. Dieses Ergebnis wurde zur Gesamtreaktorleistung von 3200 MWt ins Verhältnis gesetzt. Diese Schätzung deckt sich jedoch nicht mit dem tatsächlichen Ausmaß der Explosion, das auf 10t TNT geschätzt wird. Das deutet auf einen lokalen Charakter der momentanen Nuklearenergie-Freisetzung hin und ermöglicht es, die Menge des in diesen Explosionsprozeß einbezogenen Brennstoffes auf 0,01% bis 0,1% der Gesamtmenge einzuschätzen.

## Чернобыль - опыт, который может быть потерян навсегда

### Tschernobyl – eine Erfahrung, die vielleicht für immer verloren geht

Iouli Andreev

Wien

#### Russian

Изучение опыта любой масштабной аварии - долгое и дорогостоящее дело, но в случае ядерной аварии все осложняется еще и тем, что к оценке причин и последствий аварии привлекаются, как правило, виновники этой аварии, что полностью противоречит принятому во всем цивилизованном мире принципу римского права: <i>"Никто не может быть судьей в своем собственном деле".

Именно это обстоятельство привело к тому, что до настоящего времени причины и ход аварии все еще находятся в состоянии гипотез. Автор в мае-августе 1986 года находился непосредственно в зоне 4 реактора, и наблюдал явления, некоторые из которых до сих пор не получили убедительного объяснения, например, факт того, что выпадения в пятикилометровой зоне были нерастворимыми в воде.

Практически, все действия в Зоне свелись к повторному пуску трех уцелевших чернобыльских реакторов, что было абсурдно с экономической точки зрения, а дезактивация и восстановление утерянных территорий не имели места.

До настоящего времени непонятно, кто конкретно отвечает за мониторинг состояния здоровья ликвидаторов, кто, кому и сколько платит за эту работу и каковы результаты этого мониторинга. Более того, эти результаты недоступны ни для самих ликвидаторов, ни для общественности.

#### German

Die Untersuchung der Erfahrung aus einem Unfall, egal wie groß oder klein, ist eine langwierige und teure Angelegenheit, aber bei einem Nuklearunfall wird alles noch dadurch komplizierter, daß zur Bewertung der Ursachen und Folgen in der Regel die Verursacher dieses Unfalls herangezogen werden. Das steht vollkommen im Gegensatz zu dem in der gesamten zivilisierten Welt anerkannten Grundsatz des römischen Rechts: „Niemand darf Richter in seiner eigenen Sache sein“.

Eben dieser Umstand führte dazu, daß bis zum heutigen Tag Aussagen zu Ursache und Verlauf des Unfalls immer noch im Zustand von Hypothesen sind. Der Vortragende befand sich von Mai bis August unmittelbar in der Zone des Reaktors 4 und beobachtete Phänomene, von denen einige bis heute nicht überzeugend erklärt sind, zum Beispiel die Tatsache, daß der Fallout in der 5-km-Zone im Wasser nicht löslich war.

Praktisch waren alle Aktivitäten in der Zone auf die Wiederinbetriebnahme der drei unzerstörten gerichtet, was unter ökonomischen Gesichtspunkten absurd war. Eine Dekontaminierung und Wiederherstellung des verlorenen Gebiets fand nicht statt.

Bis heute ist unklar, wer konkret für die Langzeitbeobachtung des Gesundheitszustandes der Liquidatoren verantwortlich ist, wer wem wieviel für diese Arbeit zahlt und welches die Ergebnisse dieser Langzeitbeobachtung sind. Mehr noch, diese Ergebnisse sind für die Liquidatoren selbst und die Allgemeinheit unzugänglich.



## **Risk Estimates for Meningiomas and other Late Effects after Diagnostic X-ray Exposures of the Skull**

**Sebastian Pflugbeil and Inge Schmitz-Feuerhake, German Society of Radiation Protection, Berlin, German**

**Purpose:** To investigate the contribution of diagnostic exposures to the rising rates of brain tumors and other neoplasms which are observed in several industrial nations. Included are benign tumors in the head and neck region and cataracts which are neglected in usual risk estimates by international and national radiation protection committees.

**Method:** Dose-effect relationships for tumors of the brain, skin, thyroid, and other sites of the head region, leukemia, and cataracts are taken from the literature. Risk estimates are derived for pediatric head CTs as well as for brain tumors in adults. On the basis of estimates for Germany about the number of head scans, the annual rate of radiation-induced diseases is calculated.

**Results:** 1000 annual paediatric CT investigations of the skull will lead to about 3 excess neoplasms in the head region, i.e., the probability of an induced late effect must be suspected in the range of some thousandths. Additionally, a relevant increase of cataracts must be considered.

## **„Lifestyle“ and Cancer Rates in Former East and West Germany: The Possible Contribution of Diagnostic Radiation Exposures**

**Inge Schmitz-Feuerhake and Sebastian Pflugbeil, German Society of Radiation Protection, Berlin, Germany**

**Purpose:** Breast and prostatic cancer as well as leukaemia in childhood have remarkably increased over some decades in the Federal Republic of Germany as well as in several other highly developed industrial nations. Such increase was much less or not observable in East Germany between 1960 and 1989 where diagnostic exposures were applied to a lesser extent. Low level radiation can cause these diseases and the difference of cancer rates gives rise for renewed evaluation of current risk estimates.

**Method:** Risk factors for radiation-induced childhood leukaemia and breast cancer are derived from the literature considering a higher Relative Biological Effectiveness of diagnostic x-rays in comparison to the A-bomb gamma rays in Hiroshima and Nagasaki. The prostate is not considered as radiation-sensitive by the ICRP. But following a variety of low level findings in the last two decades it was shown by Myles and coworkers in the UK that prostatic cancer is inducible by diagnostic x-ray procedures. From their study in men below the age of 60, a doubling dose of about 20 mSv can be estimated. Medical exposures of the considered tissues are taken from published data for East and West Germany.

**Results:** The difference in breast cancer mortality can be explained by diagnostic exposures. The contribution of these to prostatic cancer and childhood leukaemia must be regarded as relevant in current incidences.

## Der Uranbergbau und seine Folgen in der Ostthüringer Region um Ronneburg

Frank Lange – Kirchlicher Umweltkreis Ronneburg\*

### Bergbau und Sanierung



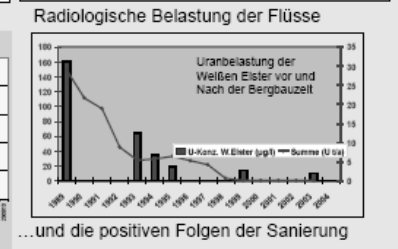
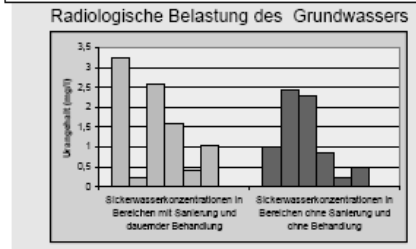
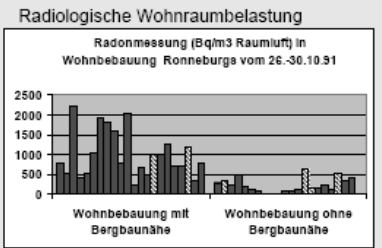
devitalisierte Landschaft im Bereich der „Absetzerhalde“ Ronneburg (BSIU KD Gera 4908)

- Ronneburg größte Uranlagerstätte Europas: 200 000 t
- 113 000 t Uran 1950-1990 in über 40 Tagesschächte in 5 Bergbaubetrieben abgebaut
- 1990: >70% DDR-Uranbergbau mit fast 30 000 Beschäftigten und >90% Uranvorräte um Ronneburg
- 104 Mio. m<sup>3</sup> radioaktiver Restschlamm zur Endverwertung aus Erzaufbereitung



„Neue Landschaft Ronneburg“ in Richtung ehemalige „Nord- und Absetzerhalde“

- fast alle Halden - ca. 150 Mio. m<sup>3</sup> - umgelagert; Halden abgedeckt
- 240 m tiefer Tagebau verfüllt und zu einem ca. 70 m hohen Landschaftsbauwerk mit kontaminierten Haldenmaterial aufgebaut
- aufwendige „Trocken“-Verwertung der Uranschlämme industrieller Absetzbecken (IAAS) mit „ewiger“ Wasserbehandlung
- Flutung von 27 Mio. m<sup>3</sup> Grubenhohlräum
- 4,6 Mio. m<sup>3</sup> tagesnahe Bereiche verfüllt
- bis 2009 Sanierungskosten 2,9 Mrd. €



...und die positiven Folgen der Sanierung

### (un)sanierte Wismut-(Alt)Standorte

IAA Culmitzsch

IAA Trünzlig

**Legende:**

- Sanierungsbereich der Dämme
- unsanierte Dammbereiche
- nachträglich in Sanierung einzubeziehen
- radioaktive Schlammbecken/Deponie
- radioaktive Schlammbecken/Spülsände

IAA – industrielle Absetzanlage

### Das Erbe: Bleibende Risiken und Umweltlasten...

- Langzeitsicherung und Langzeitüberwachung der radioaktiven Verwahrungsbauwerke ist zeitlich erforderlich
- Die Behandlung der Flutungswässer ist ein lang andauernder Prozess.
- 355 ha unsanierte belastete Uranbergbauflächen bleiben ohne Sanierung
- unbehandelte Sickerwässer und ewige Grundwasserbelastung in der Region
- lange gesundheitliche Nachwirkungen

(1): Neuanzeigen bei BG Krebs- und Diabeteserkrankung

Havarie bei unsanierten Altfluten im Juli 2010

„Kirche engagiert sich für die schwerkranke Region“

„Ohne große Worte für Umwelt aktiv“

„Umweltkreis kritisiert Wismut-Flutung“

„Wismut-Kritiker loben Sanierung“

„Flutungsplan stößt auf Bedenken“

### ... und Bürgerengagement

\* Der Kirchliche Umweltkreis Ronneburg wurde 1988 als Bestandteil der oppositionellen Umweltbewegung der DDR gegründet. Er begleitet die Sanierung des Uranbergbaus von Beginn an konstruktiv und kritisch. In der heute noch aktiven Gruppe sind Mitglieder mit unterschiedlicher und ohne Konfession vertreten. Das Dach der Kirche wurde aber aus guter und bewährter Tradition nicht verlassen.

- Andreev, Iouli**, Heiligenstaedterstr. 131-135/5/18, A-1190 Wien, Österreich, iouli.andreev@chello.at 70
- Baleva, Larisa S.**, Professor of Medicine, Federal Center of the Radiation Defence of Children, Taldomskaya st. 4, Moscow, Russia, lbaleva@pedklin.ru 50
- Busby, Chris**, PhD, University of Liverpool, Dept. of Human Anatomy and Cell Biology, and Green Audit, Aberystwyth, UK; christo@greenaudit.org 64
- Cheban, Anatoly**, Prof. Dr., Scientific Centre for Radiation Medicine, AMS of Ukraine, Kiev, xxcot@rumbler.ru 21
- Checherov, Konstantin P.**, Dr., RSC Kurchatov-Institut Moskau, Kurchatov square 1, Moskow, Russia; konst\_checherov@mail.ru, konstcca@nikiet.ru 67
- Glazko, Valeriy**, Prof. Dr., Institute of Agrico-logy and Biotechnology UAAS, Sadovaja st. 17, fl.33, Novoselki, 03027, Kiev region, Ukraine, vglazko@yahoo.com 49
- Gluzman, Danylo F.**, Prof., M.D., Sci. D., Chief of Immunocytochemistry Department, R. E. Kavetsky Institute of Experimental Pathology, Oncology and Radiobiology, National Academy of Sciences of Ukraine, Vasilkovskaya str. 45, 03022 Kyiv, Ukraine; vals@onconet.kiev.ua 18
- Goncharova, Rose I.**, Prof., Institute of Genetics and Cytology National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, the Republic of Belarus, R.Goncharova@igc.bas-net.by 33
- Kajimura Taichiro**, Flotowstr. 3, D-10555 Berlin, Germany 4
- Kholodova, Nina B.**, Dr., Russian Research Center of Roentgenology and Radiology, Profsojuznaja str. 86, Moscow, Russia; kholodov@butovo.com 60
- Khyrunenko, L. I.**, Department of radiation processes physics, Institute of Physics of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, lukh@iop.kiev.ua 26
- Köhnlein, Wolfgang**, Prof. Dr. rer. nat., Institut für Strahlenbiologie, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Robert-Koch-Str. 43, D-48149 Münster, kohnlei@uni-muenster.de 30
- Körblein, Alfred**, Dr. rer. nat., Untere Söldnergasse 8, D-90403 Nürnberg; alfred.koerblein@gmx.de, www.alfred-koerblein.de 47
- Lange, Frank**, Dipl.-Ing., Kirchlicher Umweltkreis Ronneburg, Nr. 8, 07554 Korbußen, franklange44@web.de 72
- Malko, Mikhail V.**, Prof. Dr., Joint Institute of Power and Nuclear Research, Sosny, National Academy of Sciences, Minsk, Belarus, m.malko@tut.by 44
- Mintser, Ozar P.**, Prof., National Medical Academy of Postgraduate Education named after P.L.Shupyk, MoH of Ukraine, mintser@kmapo.kiev.ua 16
- Mischanchyuk, Nina S.**, Institute of otolaryngology named after prof. O.S. Kolomyychenko of the Ukrainium Academy of Medical Sciences, Zoologichna Street 3, 03057, Kiev, Ukraine, nsmisch@i.ua 24
- Noshchenko, Andriy G.**, Department of Environmental Sciences, National University „Kiev-Mohyla Academy“, Kiev, noshchenko@yahoo.com 19
- Nyagu, Angelina L.**, Prof. Dr., Präsidentin der Physicians of Chernobyl, Scientific Center for Radiation Medicine of AMS of Ukraine, Kiev, Ukraine; nyagu@vent.kiev.ua 11
- Pakhomov, Sergey**, V.G. Khlopin Radium Institute, 28, 2nd Murinskiy av., 194021 St.-Petersburg, Russia, pakhomov@khlopin.ru 69
- Pflugbeil, Sebastian**, Dr. rer. nat., Präsident der Gesellschaft für Strahlenschutz e.V., Gormannstr. 17, D-10119 Berlin, Germany, Pflugbeil.KvT@t-online.de 65
- Scherb, Hagen**, Institute of Biomathematics and Biometry, Helmholtz Zentrum Muenchen – German Research Center for Environmental Health, Ingolstaedter Landstrasse 1, D-85764 Neuherberg, Germany, scherb@helmholtz-muenchen.de, http://ibb.gsf.de/homepage/hagen.scherb/ 40
- Schirokova, E. B.**, M. F. Wladimirskij- Institut für klinische Forschung des Bezirks Moskau, fr3stile@yandex.ru 61

**Schmitz-Feuerhake, Inge**, Prof. Dr. rer. nat.,  
Grenzstr. 20, 30627 Hannover, Germany,  
ingesf@uni-bremen.de 20, 36

**Snigiryova, Galina P.**, Russian Scientific Center  
of Roentgenology & Radiology, Ministry of  
Health, Profsovnaya 86, Moscow, Russia,  
117997. snigiryova@rncrr.ru 37, 39

**Sonntag, Philip**, Dr. rer. nat., Lepsiusstr. 45,  
12163 Berlin, phil.sonntag@t-online.de,  
www.philipp-sonntag.de 28

**Sosnovskaya, E. A.**, Republican Research-Practi-  
cal Center of Radiation Medicine and Human  
Ecology, Gomel, Belarus, sosnovskaya@mail.ru  
56

**Sperling, Karl**, Prof. Dr., Institut für Humange-  
netik, Humboldt-Universität zu Berlin, Charité –  
Universitätsmedizin Berlin, Augustenburger Platz  
1, D-13353 Berlin, karl.sperling@charite.de 42

**Tschescherow, Konstantin P.**,  
siehe englische Transkription Checherov

**Ulrich, Jürg**, Prof. Dr. med., Universität Basel,  
Grellingerstr. 65, CH-4052 Basel, Schweiz,  
juerg.ulrich@unibas.ch 31

**Usatenko, Volodimir**, Experte der Nationalen  
Strahlenschutzkommission der Ukraine, Berater  
des Ukrainischen Parlaments für Tschernobyl-  
fragen, Kiew, Ukraine, vl-usatenko@ukr.net 66

**Vorobtsova, Irina**, Federal State Institution  
Russian Research Center for Radiology and  
Surgical Technologies, Saint-Petersburg, Russia,  
radgenetika@mail.ru 45

**Yablokow, Alexey V.**, Prof. PhD, Centre for Rus-  
sian Environmental Policy, N. K. Koltzoff Insti-  
tute of Developmental Biology, Russian Academy  
of Sciences, Leninsky prospect 33, room 319,  
Moscow 119071, Russia; Yablokov@voxnet.ru  
15

**Zhavoronkova, Ludmila A.**, MD, PhD, Institute  
of Higher Nervous Activity and Neurophysiology,  
Russian Academy of Sciences, Butlerov str. 5a,  
Moscow 117485, Russian Federation;  
LZhavor@nsi.ru 58

## **Tagungsgebühren** (incl. Tagungsunterlagen, Abstrakt-Band, Pausengetränke)

Euro 80,- für Mitglieder der Gesellschaft für Strahlenschutz e.V.

Euro 120,- für Nichtmitglieder

Euro 40,- für Studierende

Euro 20,- pro zusätzlichen Abstrakt-Band (incl. Versand)

## **Participation Fees** (including conference documents, volume of abstracts, coffee and tea during breaks)

EUR 80,- for members of the German Society for Radiation Protection

EUR 120,- for non-members

EUR 40,- for students or jobless participants

EUR 20,- for additional volume of abstracts including postage

Überweisungen bitte auf das GSS-Kongresskonto bei der Berliner Volksbank eG  
Nr. 527 236 2019, BLZ 100 900 00  
BIC: BEVODEBB  
IBAN: DE31 1009 0000 5272 3620 19

GSS-Congress Account  
Account-No. 527 236 2019  
With: Berliner Volksbank, BLZ 100 900 00  
BIC: BEVODEBB  
IBAN: DE31 1009 0000 5272 3620 19

## **Impressum:**

© Gesellschaft für Strahlenschutz e.V.  
Geschäftsstelle, I. Schmitz-Feuerhake,  
Grenzstr. 20, D-30627 Hannover, Germany  
<http://www.gfstrahlenschutz.de>

Redaktion: Sebastian Pflugbeil, Inge Schmitz-Feuerhake, Thomas Dersee

Übersetzungen aus dem Russischen und Englischen ins Deutsche von Annette Hack.  
Übersetzungen aus dem Deutschen ins Russische von ask@co Sprachendienst GmbH.

Herstellung: Thomas Dersee, Strahlentelex,  
Waldstr. 49, D-15566 Schöneiche bei Berlin  
[www.strahlentelex.de](http://www.strahlentelex.de)

# Gesellschaft für **Strahlenschutz** e.V.

## Wir laden Sie ein.

Seit vielen Jahren mehren sich in der wissenschaftlichen Forschung die Erkenntnisse, daß ionisierende Strahlung mit einem wesentlich höheren biologischen, also für den Menschen mit einem wesentlich höheren gesundheitlichen Risiko verbunden ist als das bisher angenommen wurde. In den vergangenen hundert Jahren seit Entdeckung der Röntgenstrahlen mußte der Dosiswert, der zunächst als unbedenklich, später dann als unter gesundheitlichen Gesichtspunkten vertretbar angesehen wurde, drastisch herabgesetzt werden. Die Sorglosigkeit und Unkenntnis im Umgang mit ionisierender Strahlung, die weit verbreitete Ignoranz wissenschaftlicher Erkenntnisse hält an. Oft fallen Aspekte des Gesundheitsschutzes wirtschaftlichen Interessen zum Opfer.

Die Gesellschaft für Strahlenschutz wurde 1990 gegründet, weil in den schon länger bestehenden Fachgesellschaften und Verbänden nach Überzeugung der Gründungsmitglieder die heute vorhandenen Erkenntnisse zum Strahlenrisiko und zum Strahlenschutz nicht ausreichend berücksichtigt und umgesetzt werden. Die Gesellschaft für Strahlenschutz ist eine internationale Fachgesellschaft, die satzungsgemäß den Zweck verfolgt, „... den bestmöglichen Schutz des Menschen und der Umwelt vor den schädlichen Wirkungen ionisierender und nicht ionisierender Strahlung zu erreichen. Dazu muß der Umgang mit ionisierender und nichtionisierender Strahlung auf der Grundlage biologischer und medizinischer Erkenntnisse vertretbar sein.“

Mit dem Fachjournal Berichte des Otto Hug Strahleninstituts, dem offiziellen Organ der Gesellschaft für Strahlenschutz, werden die Mitglieder mit wissenschaftlichen Arbeiten über aktuelle Ergebnisse und Themen der Strahlenforschung und des Strahlenrisikos in den Bereichen Medizin, berufliche Exposition, zivilisatorische Belastung, kerntechnische Unfälle, Epidemiologie u.v.a. unterrichtet. Die praktische Nutzbarkeit der Erkenntnisse ist für viele wichtiger als theoretisierende wissenschaftliche Ableitungen.

Wir laden Sie ein, werden Sie Mitglied! Arbeiten und helfen Sie mit, Erkenntnisse zu Strahlenrisiken und zum Strahlenschutz zu gewinnen und zu verbreiten!

## **Gesellschaft für Strahlenschutz e.V.**

Dr. Sebastian Pflugbeil, Präsident  
Gormannstr. 17, D-10119 Berlin

- Geschäftsstelle -  
Grenzstr. 20, D-30627 Hannover,  
Germany

<http://www.gfstrahlenschutz.de>

**An die Gesellschaft für Strahlenschutz e.V.**  
z. Hd. Dr. Sebastian Pflugbeil, Präsident  
Gormannstraße 17  
D-10119 Berlin  
☎ +49 (30) 44 93 736, Fax +49 (30) 44 34 28 34

Antrag auf Mitgliedschaft in der

**Gesellschaft für Strahlenschutz e.V.**

Bitte gut lesbar in Druckschrift oder mit Schreibmaschine ausfüllen. Vielen Dank.

Nachname: \_\_\_\_\_ Vorname: \_\_\_\_\_

Straße, Hausnummer: \_\_\_\_\_ PLZ, Ort: \_\_\_\_\_

Land: \_\_\_\_\_ Geburtsdatum: \_\_\_\_\_

Telefon: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_ Email: \_\_\_\_\_

---

Anschrift der Dienststelle oder Praxis (falls getrennt von der Privatanschrift):

Institut, Klinik, Firma: \_\_\_\_\_

Dienststellung/Tätigkeit: \_\_\_\_\_

Straße, Hausnummer: \_\_\_\_\_ PLZ, Ort: \_\_\_\_\_

Telefon: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_ Email: \_\_\_\_\_

---

Akademischer Grad, Titel, Berufsbezeichnung: \_\_\_\_\_

Beruflicher Werdegang: \_\_\_\_\_

Arzt/Ärztin: **ja / nein** Fachgebiet: \_\_\_\_\_

---

Meine Interessenschwerpunkte liegen bei:

Ort; Datum: \_\_\_\_\_ Unterschrift: \_\_\_\_\_







## Bisher sind erschienen:

Bericht Nr.1 1989, 45 Seiten, EURO 5,-  
**Das Otto Hug Strahleninstitut stellt sich vor. Strahlenschutz in der Bundesrepublik Deutschland: Das 30-Millirem-Konzept.**  
Roland Scholz und Edmund Lengfelder  
**Satzung des Otto Hug Strahleninstitutes**

Bericht Nr.2 1990, 43 Seiten, EURO 5,-  
**Strahlenschutz in der Röntgendiagnostik; die neue Röntgenverordnung.**  
Heiner von Boetticher  
**Die neuen Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission - Rückschritt im Strahlen- und Arbeitsschutz.**  
Mario Schmidt  
**Erklärung der BUND-Strahlenkommission zur Stellungnahme des Ausschusses für Strahlenschutz der Deutschen Röntgen-gesellschaft.** Wolfgang Köhnlein, Horst Kuni und Inge Schmitz-Feuerhake

Bericht Nr.3 1990, 43 Seiten, EURO 5,-  
**Medizinische Strahlenbelastung in der Bundesrepublik Deutschland - Möglichkeiten der Dosisreduktion.** Karl-Heinrich Adzersen

Bericht Nr.4 1991, 53 Seiten, EURO 5,-  
**Maßnahmen zur Eindämmung des Treibhauseffekts. - Empfehlungen der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages.**  
Wilfrid Bach  
**Warum die Atomenergie das Klimaproblem nicht lösen kann: Die Energiewirtschaft der Zukunft muß risikoarm und effizient sein.**  
Stephan Kohler  
**Die Neueste Krebsstatistik der Hiroshima-Nagasaki-Überlebenden: Erhöhtes Strahlenrisiko bei Dosen unterhalb 50 cGy(rad). Konsequenzen für den Strahlenschutz.**  
Wolfgang Köhnlein

Bericht Nr.5 1992, 42 Seiten, EURO 5,-

**Die Bedeutung modifizierender Faktoren für die Erhebung, Bewertung und Verbreitung von Untersuchungsergebnissen über die Folgen der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl.**  
Edmund Lengfelder  
**6 Jahre nach der Reaktorkatstrophe in Tschernobyl - Zur aktuellen Situation der gesundheitlichen und sozialen Folgen in**

**der GUS: Ganzkörpermessungen.** Edmund Lengfelder, Christine Frenzel, Dieter Forst

Bericht Nr.6 1993, 45 Seiten, EURO 5,-  
**Veränderungen wünschenswert - Über die Art und Weise, wie Internationale Strahlenschutzempfehlungen verfaßt werden.**  
Karl Z. Morgan  
**Biologische Wirkungen elektromagnetischer niederfrequenter Strahlung**  
Ute Boikat  
**Strahleninduzierbare Chromosomenschäden: Einige neuere Hinweise auf schwerwiegende gesundheitliche Konsequenzen.**  
John W. Gofman

Bericht Nr.7 1993, 42 Seiten, EURO 5,-  
**Zur Strahlenspezifität der angewandten Biologischen Dosimetrie.** Wolfgang Hoffmann, Inge Schmitz-Feuerhake

Bericht Nr.8-11 1994, 168 Seiten, EURO 32,-  
**Niedrige Strahlendosen und Gesundheit der Arbeitnehmer - Expertise - mit besonderer Berücksichtigung der Arbeitsbedingungen in der Anlage Schacht Konrad.**  
Horst Kuni

Bericht Nr.12-14 1996, 112 Seiten, EUR 24,-  
**Das Äquivalenzdosisprinzip und die Gleichberechtigung der Frau. Zum 60. Geburtstag von Frau Prof. Dr. Inge Schmitz-Feuerhake.**  
Horst Kuni  
**Möglichkeiten und Grenzen epidemiologischer Studien zur Malignomhäufigkeit im Nahbereich kerntechnischer Anlagen unter besonderer Berücksichtigung der Leukämiehäufung in der niedersächsischen Elbmarsch.**  
Helga Dieckmann

Bericht Nr. 15-18 1997, 368 Seiten, EUR 49,-  
Gesellschaft für Strahlenschutz e.V.  
2. Internationale Konferenz, Berlin 1995  
**100 Jahre Röntgen: Medizinische Strahlenbelastung - Bewertung des Risikos, Proceedings.** Inge Schmitz-Feuerhake, Edmund Lengfelder (Hrsg.)  
40 Beiträge, Dt./Engl., ISBN 3-9805260-0-3

Bericht Nr. 19-20 1998, 88 Seiten, EUR 16,-  
**CASTOR gefährdet Gesundheit.** Horst Kuni  
**Gesundheitsgefahren durch radioaktiv kontaminierte Oberflächen von Brennelementtransportbehältern.** Wolfgang Köhnlein, Wolfgang Neumann, Inge Schmitz-Feuerhake, Heiko Ziggel

Bericht Nr. 21-22 2000, 120 Seiten, EUR 16,-  
**Strahlengefahr für Mensch und Umwelt - Bewertungen der Anpassung der deutschen Strahlenschutzverordnung an die Forderungen der EU-Richtlinie 96/29/ Euratom.**

Bettina Dannheim, Wolfgang Baumann, Bernd Franke, Helmut Hirsch, Wolfgang Hoffmann, Wolfgang Köhnlein, Horst Kuni, Wolfgang Neumann, Inge Schmitz-Feuerhake, Angelika Zahrt

Bericht Nr. 23 2002, 40 Seiten, EURO 5,-  
**Brustkrebsfrüherkennung Ja, Reihenuntersuchung mit Mammographie Nein! Abschied vom Wunschdenken, Nachdenken über neue Strategien.**

Thomas Dersee, Helga Dieckmann, Wolfgang Köhnlein, Horst Kuni, Edmund Lengfelder, Sebastian Pflugbeil, Inge Schmitz-Feuerhake

Bericht Nr. 24 2003, 80 Seiten, EURO 10,-  
**Säuglingssterblichkeit nach Tschernobyl.** Alfred Körblein  
**Zunahme der Perinatalsterblichkeit, Totgeburten und Fehlbildungen in Deutschland, Europa und in hochbelasteten deutschen und europäischen Regionen nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986.** Hagen Scherb, Eveline Weigelt

## Weitere Veröffentlichungen:

Gesellschaft für Strahlenschutz e.V.  
1. Internationale Konferenz, Kiel 1992  
**Neue Bewertung des Strahlenrisikos Niedrigdosisstrahlung und Gesundheit.**  
**Proceedings**

Edmund Lengfelder,  
Henning Wendhausen (Hrsg.)  
29 Beiträge, 266 Seiten, EURO 34,-  
ISBN 3-8208-1224-5

Gesellschaft für Strahlenschutz e.V.  
2. Jahrestagung, Dresden 1993  
**Gesundheitliche Risiken und Folgen des Uranbergbaues in Thüringen und Sachsen**

## Proceedings

Edmund Lengfelder, Sebastian Pflugbeil,  
Wolfgang Köhnlein (Hrsg.)  
18 Beiträge, 183 Seiten, 2 Karten, EUR 34,-  
ISBN 3-8208-1259-8

Gesellschaft für Strahlenschutz e.V.  
2. Internationale Konferenz, Berlin 1995  
**100 Jahre Röntgen: Medizinische Strahlenbelastung – Bewertung des Risikos. Proceedings**  
Inge Schmitz-Feuerhake,  
Edmund Lengfelder (Hrsg.)  
40 Beiträge, 368 Seiten, Dt./Engl., EUR 49,-  
ISBN 3-9805260-0-3

Gesellschaft für Strahlenschutz e.V.  
International Workshop, Portsmouth 1996  
**Radiation Exposures by Nuclear Facilities - Evidence of the Impact on Health.**  
**Proceedings**

Inge Schmitz-Feuerhake,  
Michael Schmidt (eds.)  
48 Beiträge, 400 Seiten, Engl., EURO 49,-  
ISBN 3-9805260-1-1

Gesellschaft für Strahlenschutz e.V.  
Internationaler Kongress, Münster 1998  
**Die Wirkung niedriger Strahlendosen - im Kindes- und Jugendalter, in der Medizin, Umwelt und Technik, am Arbeitsplatz.**  
**Proceedings**

Wolfgang Köhnlein, Rudi H. Nussbaum  
(Hrsg.)  
44 Beiträge, 448 Seiten, Dt./Engl., EUR 49,-  
ISBN 3-9805260-2-X

## In Vorbereitung:

Gesellschaft für Strahlenschutz e.V.  
Internationaler Kongreß, Berlin 2011  
**25 Jahre Folgen der Tschernobyl-Katastrophe: Bilanz gesundheitlicher und ökologischer Schäden.**  
**Proceedings**

## Bezug:

Der Bezug der Otto Hug Berichte ist für die Mitglieder der Gesellschaft für Strahlenschutz e.V. im Mitgliedsbeitrag von derzeit EURO 96,- pro Jahr inbegriffen.

Bestellungen und Beitrittswünsche bitte an die Gesellschaft für Strahlenschutz e.V.

- Geschäftsstelle -

Grenzstr. 20, D-30627 Hannover  
<http://www.gfstrahlenschutz.de>