

Российская Академия Наук

ВЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

4/2017



- БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
- ЖИЗНЬ НАУКИ.
КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ
- КНИГОИЗДАНИЕ
- ЮБИЛЯРЫ

4/2017 (9)

издается с декабря 2009 года
ISSN 2307-5228

Российская Академия Наук

ВЕЕСТНИК

Кольского научного центра РАН

Учредитель — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Кольский научный центр РАН

Главный редактор — чл.-корр. РАН проф.
С. В. Кривовичев
Заместители главного редактора:
д. г.-м. н. Г. Ю. Иванюк,
д. т. н., проф. А. Я. Фридман
(руководитель редакции)

Ответственность за суждения и оценки, выраженные в публикуемых статьях, как и за точность и надежность приводимых сведений, лежит исключительно на авторах; публикация статей не является свидетельством того, что издатель — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Кольский научный центр РАН — разделяет мнение их авторов.

Редакционный совет:
академик РАН, проф. Г. Г. Матишов,
академик РАН, проф. Н. Н. Мельников,
чл.-корр. РАН, проф. В. К. Жиров,
чл.-корр. РАН, проф. А. И. Николаев,
д. т. н., проф. Б. В. Ефимов,
д. э. н., проф. Ф. Д. Ларичкин,
д. т. н. В. А. Маслобоев,
д. т. н., проф. В. А. Путилов,
д. ф.-м. н. Е. Д. Терещенко,
к. г.-м. н. А. Н. Виноградов (отв. секретарь)

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) с 2009 г.

Научное издание
Редакторы: А. С. Менделева, С. А. Шарам, Е. Н. Еремеева (англ. яз.)
Технический редактор: В. Ю. Жиганов

Подписано к печати 21.12.2017. Формат бумаги 60×84 1/8
Усл. печ. л. 17,9. Заказ № 2. Тираж 500 экз.
ФГБУН КНЦ РАН
184209, г. Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Белишева Н. К., Мегорский В. В.

Заболееваемость населения в Заполярье, обусловленная особенностями минерального обмена при высокой неоднородности природной и техногенной среды 5

Белишева Н. К., Пряничников С. В., Соловьевская Н. Л., Мегорский В. В.

Архипелаг Шпицберген — полигон для аналоговых исследований воздействия космофизических агентов на организм человека 22

Вотяков С. Л., Киселева Д. В., Мандра Ю. В.

Минералогическая стоматология как междисциплинарная область исследований: аналитические методики и подходы, результаты и перспективы развития 30

Голованова О. А., Герк С. А.

Механизм развития коксартроза на макро-, микро- и молекулярных уровнях костных тканей человека 37

Дериглазова М. А., Рихванов Л. П.

Особенности микроминерального состава зольного остатка организма человека, г. Норильск 44

Дрогобужская С. В.

Методы определения химических элементов в биосубстратах и окружающей среде 50

Касиков А. Г.

Пылевые выбросы медно-никелевого производства и последствия их воздействия на организм человека в условиях Крайнего Севера 58

Каткова В. И., Митюшева Т. П., Филиппов В. Н., Симакова Ю. С.

Минеральные включения в цианобактериях из водных объектов юга Республики Коми 64

Катола В. М.

Минеральный баланс у здоровых жителей г. Благовещенска Амурской области 71

Кашулина Г. М., Литвинова Т. И., Дрогобужская С. В., Баскова Л. А.

Комплексные биогеохимические исследования окружающей среды на острове Западный Шпицберген 75

Луговая Е. А., Степанова Е. М., Варганова Д. В., Виноградова И. А., Смусенок И. В., Куликова А. К.

Региональные особенности элементного статуса жителей молодого возраста и старшей возрастной группы Республики Карелия 81

Машина Е. В., Шанина С. Н.

Белковая составляющая в холелитах 87

Мелентьева А. А., Барышева О. Ю., Тихова Г. П.

Определение маркеров костного метаболизма у пациентов с хронической болезнью почек 91

Мельник Н. А.

Жизнь и деятельность Марии Кюри и ее вклад в развитие ядерной медицины 98

Никанов А. Н., Талыкова Л. В., Быков В. Р., Табарча О. И.

Влияние лечебно-профилактических напитков на минеральный обмен промышленных рабочих Арктической зоны Российской Федерации 113

Пашкова И. Г.

Анализ возрастной динамики минеральной плотности костной ткани у жителей Карелии 119

Петров В. Н., Терещенко П. С., Мегорский В. В.

Сравнительный анализ уровня заболеваемости населения и минерального состава воды артезианских скважин в Арктической зоне и средней полосе России 124

ЖИЗНЬ НАУКИ. КОНФЕРЕНЦИИ, СЕМИНАРЫ 133

КНИГОИЗДАНИЕ 137

ЮБИЛЯРЫ 140

Редколлегия:

д. т. н. З. С. Абишева, д. и. н. И. Ю. Винокурова, д. б. н. Н. К. Белишева, к. т. н. П. Б. Громов, д. б. н. Ф. Зользер, д. ф.-м. н. В. Е. Иванов, д. б. н. Н. А. Кашулин, д. э. н. А. И. Кибиткин, д. т. н. А. А. Козырев, д. т. н. Н. В. Коровкин, член-корр. РАН В. Н. Лаженцев, д. б. н. П. Р. Макаревич, д. т. н. А. Г. Олейник, д. и. н. И. А. Разумова, к. г.-м. н. Т. В. Рундквист, РНД Я. М. Федорчук, д. т. н. А. Я. Фридман (руководитель редакции), РНД М. Хи, РНД Ф. Ши

4/2017 (9)

Published since December 2009

ISSN 2307-5228

Russian Academy of Sciences

HERALD

of the Kola Science Centre of the RAS

Publisher — Federal State Budgetary Institution
of Science Kola Science Centre of the RAS

Editor-in-Chief — S. V. Krivovichev,
Corr. Member of the RAS, Prof.

Vice Editors-in-Chief:

G. Yu. Ivanuk, Dr. Sci. (Geol. & Mineral.);

A. Ya. Fridman, Dr. Sci. (Eng.), Prof.
(Head of Editorial Staff)

Editorial Board:

G. G. Matishov, Academician of the RAS, Prof.;

N. N. Mel'nikov, Academician of the RAS, Prof.;

V. K. Zhiron, Corr. Member of the RAS, Prof.;

A. I. Nikolaev, Corr. Member of the RAS, Prof.;

B. V. Efimov, Dr. Sci. (Eng.), Prof.;

F. D. Larichkin, Dr. Sci. (Econ.), Prof.;

V. A. Masloboev, Dr. Sci. (Eng.);

V. A. Putilov, Dr. Sci. (Eng.), Prof.;

E. D. Tereshchenko, Dr. Sci. (Phys. & Math.);

A. N. Vinogradov, PhD (Geol. & Mineral.)

Responsible Secretary

The responsibility for opinions, expressed in the signed articles, studies and other contributions rests solely with the authors, and publication does not constitute any endorsement of the Federal State Institution of Science Kola Science Centre of the RAS for the opinions, expressed in them.

The journal has been included in the Russian Science Citation Index (RISC) since 2009.

CONTENTS

BIOLOGICAL SCIENCE

<i>Natalia K. Belisheva, Vladimir V. Megorsky</i> Morbidity of the Population in the Arctic, Determined by the Peculiarities of Mineral Metabolism under High Inhomogeneity of the Natural and Technogenic Environment	5
<i>Nataly K. Belisheva, Sergey V. Prianichnikov, Natalia L. Solovyevskaya, Vladimir V. Megorsky</i> Svalbard is a Testing Area for Analog Aerospace Research of the Impact of Cosmophysical Agents on Human Organism.....	22
<i>Sergei L. Votyakov, Daria V. Kiseleva, Yulia V. Mandra</i> Mineralogical Stomatology as an Interdisciplinary Research Area: Analytical Methods and Approaches, Recent Results and Development Prospects.....	30
<i>Olga. A. Golovanova, Svetlana. A. Herc</i> The Mechanism of Development of Coxarthrosis at Macro, Micro and Molecular Levels of Human Bone Tissue	37
<i>Maria A. Deriglazova, Leonid P. Rikhvanov</i> Features of Micromineral Composition of Ash Residue of Human Organism, Norilsk	44
<i>Svetlana V. Drogobuzhskaya</i> Methods of Determination of Chemical Elements in Biosubstrates and in the Environment	50
<i>Alexander G. Kasikov</i> Particulate Emissions from Copper-Nickel Production and the Consequences of their Impact on Human Body in the Far North	58
<i>Valentina I. Katkova, Tatjana P. Mityusheva, Basil N. Filippov, Yuliya S. Simakova</i> Mineral Inclusions in Cyanobacteria from Water Objects of Southern Komi Republic.....	64
<i>Viktor M. Katola</i> Mineral Balance in Healthy People of Blagoveshchensk	71
<i>Galina M. Kashulina, Tatyana I. Litvinova, Svetlana V. Drogobuzhskaya, Lyudmila A. Baskova</i> Complex Biogeochemical Environmental Studies on Western Spitsbergen Island	75
<i>Elena A. Lugovaya, Evgeniya M. Stepanova, Darya V. Varganova, Irina A. Vinogradova, Irina V. Smusenok, Anastasiya K. Kulikova</i> Region-Related Essential Element Status Observed in the Young and Elderly Residents of Republic of Karelia ..	81
<i>Ekaterina V. Mashina, Svetlana N. Shanina</i> Protein Composition in Gallstones	87
<i>Anastasia A. Melenteva, Olga Yu. Barysheva, Galina P. Tihova</i> Definition of Bone Turnover Markers in Patients with Chronic Kidney Disease	91
<i>Natalia A. Melnik</i> Life and Work of Marie Curie and Her Contribution to the Development of Nuclear Medicine	98
<i>Alexander N. Nikanov, Lyudmila V. Talykova, Vladimir R. Bykov, Olga I. Tabarcha</i> Influence of Treatment-and-Preventive Drinks on Mineral Exchange among Workers in the Russian Arctic.....	113
<i>Inga G. Pashkova</i> Analysis of Age-Related Changes of Bone Mineral Density of Karelian Population	119
<i>Vladimir N. Petrov, Pavel S. Tereshchenko, Vladimir V. Megorsky</i> Comparative Analysis of the Level of Morbidity of the Population and Mineral Composition of Water of Artizian Wells in the Arctic Zone and Central Russia	124
CONFERENCES	133
NEW BOOKS	137
ANNIVERSARIES	140

Editorial Board:

Z. S. Abisheva, Dr. Sci. (Eng.); I. Yu. Vinokurova, Dr. Sci. (History); N. K. Belisheva, Dr. Sci. (Bio); P. B. Gromov, PhD (Eng.); F. Zoelzer, Dr. Sci. (Bio); V. E. Ivanov, Dr. Sci. (Phys. & Math.); N. A. Kashulin, Dr. Sci. (Bio); A. I. Kibitkin, Dr. Sci. (Econom.); A. A. Kozyrev, Dr. Sci. (Eng.); N. V. Korovkin, Dr. Sci. (Eng.); V. N. Lazhentsev, Corr. Member of the RAS; P. R. Makarevich, Dr. Sci. (Bio); A. G. Olejnik, Dr. Sci. (Eng.); I. A. Razumova, Dr. Sci. (History); T. V. Rundkvist, PhD (Geol. & Mineral.); Ya. M. Fedortchouk, PhD; A. Ya. Fridman, Dr. Sci. (Eng.) — Head of Editorial Staff; M. Hi, PhD; F. Shi, PhD

УДК 61 + 57.04

**ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ В ЗАПОЛЯРЬЕ,
ОБУСЛОВЛЕННАЯ ОСОБЕННОСТЯМИ МИНЕРАЛЬНОГО ОБМЕНА,
ПРИ ВЫСОКОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ПРИРОДНОЙ И ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЫ***

Н. К. Белишева, В. В. Мегорский

ФГБУН Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН (НИЦ МБП КНЦ РАН)

Аннотация

Проведенные в Мурманской обл. исследования позволили выявить территории с повышенной заболеваемостью детского и взрослого населения болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани (КМССТ), а также мочекаменной болезнью (МКБ), что обусловлено особенностями минерального обмена при высокой неоднородности природной и техногенной среды. Показано, что заболевания КМССТ наиболее распространены в Апатитско-Кировском и Ковдорском районах и в городах Полярные Зори и Мурманск. Выявлено, что первичная заболеваемость детского населения 0–14 лет МКБ наиболее распространена в Терском районе, а общая заболеваемость в этой возрастной группе имеет высокие значения в городах Апатиты и Полярные Зори, в Терском районе и ЗАТО пос. Видяево. Первичная и общая заболеваемость детей МКБ в возрастной группе 15–17 лет достигает максимальных значений в ЗАТО пос. Видяево, первичная заболеваемость взрослого населения МКБ имеет наиболее высокие значения в городах: Апатиты, Кировск, Полярные Зори, а также в Ловозерском районе и ЗАТО г. Снежногорск. Общая заболеваемость МКБ взрослого населения максимально проявляется в г. Полярные Зори. Распределение территорий по уровню заболеваемости МКБ свидетельствует об изменении вклада факторов среды обитания в общую и первичную заболеваемость населения в зависимости от возраста. Гидрохимический анализ воды на территориях городов Мончегорск, Оленегорск, в пос. Ловозеро и Ковдорском районе не позволил оценить вклад качества воды в заболеваемость населения КМССТ и МКБ. Выявлен вклад вариаций геофизических агентов в уровень заболеваемости населения болезнями КМССТ и МКБ, который практически повсеместно, за некоторым исключением, увеличивается при возрастании геомагнитной активности (ГМА). Показана существенная роль вариаций высокоширотных геофизических агентов в модуляции заболеваемости детского и взрослого населения болезнями, обусловленными особенностями минерального обмена, независимо от гетерогенности среды обитания и дополнительных вкладов невыясненной природы.

Ключевые слова:

заболеваемость, территории Мурманской обл., болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани, мочекаменная болезнь, минеральный обмен, гидрохимия, геофизические агенты.

* Работа выполнена в рамках Государственного задания 0226-2015-0005 «Изучение особенностей минерального обмена в организме человека при комплексном воздействии природной и техногенной среды в условиях Арктики».

MORBIDITY OF THE POPULATION IN THE ARCTIC, DETERMINED BY THE PECULIARITIES OF MINERAL METABOLISM UNDER HIGH INHOMOGENEITY OF THE NATURAL AND TECHNOGENIC ENVIRONMENT

Natalia K. Belisheva, Vladimir V. Megorsky

Research Centre for Human Adaptation in the Arctic — Branch of the Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Science"

Abstract

The territories in the Murmansk Region with high level diseases of the musculoskeletal system and connective tissue (MSSCT), as well as urolithiasis (ULD) caused by the peculiarities of mineral metabolism in case of high heterogeneity of the natural and man-made environment have been identified. It was shown the prevalence MSSCT and ULD diseases on the territories in the Murmansk Region. The distribution of the territories by the level of the incidence of ULD indicates a change in the contribution of environmental factors to the overall and primary incidence of the population, depending on age. Hydrochemical analysis of water in four territories in the Murmansk Region did not allow assessing the contribution of water quality to the incidence of the population by MSSCT and ULD diseases. The contribution of variations of the geophysical agents to the level of the incidence of the population by MSSCT and ULD diseases has been revealed. The essential role of variations of high-latitude geophysical agents in modulating the morbidity of children and adults by diseases of mineral metabolism, irrespective of the heterogeneity of the habitat and additional contributions of an undefined nature, were shown.

Keywords:

morbidity, the territories of the Murmansk Region, diseases of the musculoskeletal system and connective tissue, urolithiasis, mineral metabolism, hydrochemistry, geophysical agents.



Введение

Жители Заполярья подвержены комплексному воздействию высокоширотных геофизических агентов и техногенных токсических загрязнителей, кооперативные эффекты которых отражаются в структуре заболеваемости населения. С одной стороны, деятельность предприятий черной и цветной металлургии приводит к выбросу в окружающую среду высокотоксичных соединений,

концентрации которых в природных средах превышают предельно допустимые концентрации (ПДК), с другой — воздействие геофизических агентов, экстремально проявляющихся в высоких широтах, приводит к преждевременному истощению адаптационного резерва [1–7] и способствует росту заболеваемости.

В работе А. А. Арефьева [3] дана оценка влияния ландшафтно-географической обстановки и состояния водоснабжения Мурманской обл. (по данным ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Мурманской области» и территориального Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Мурманской обл.) на здоровье человека. Оказалось, что из отобранной в 2006 г. и проанализированной 291 пробы почвы 118 не соответствовали гигиеническим нормативам по содержанию тяжелых металлов на территориях городов Мурманск, Североморск, Мончегорск, а также Печенгского района. При проведении анализа показателей комплексной антропогенной нагрузки на окружающую среду наибольшие показатели отмечены в г. Мончегорске и Печенгском районе.

Наряду с превышением содержания токсичных металлов в природных средах, питьевые воды характеризуются определенным дефицитом таких необходимых микроэлементов, как фтор и магний, которых в поверхностных водах содержится менее 0,4 мг/л. Только

на отдельных участках концентрации фтора и магния составляют 0,5 и до 0,8–1,0 мг/л соответственно [1, 2], что может сказаться на нарушении минерального обмена и, в частности, приводить к спонтанным судорогам.

На фоне дефицита жизненно необходимых элементов питьевая вода из определенных водозаборов характеризуется высоким индексом загрязнения (ИЗ), позволяющим учитывать химические элементы I и II классов опасности: Sr-Pb-Mo-Be-Co, нормируемые по санитарно-токсикологическому признаку вредности. Индекс загрязнения рассчитывается как сумма ПДК для этих элементов, которая не должна превышать 1. Водозабор оз. Имандра характеризуется ИЗ 1,16, в водозаборе «Центральный» (г. Кировск) показатель рН превысил 10 единиц (ПДК — 9), концентрация алюминия доходила до 0,96 мг/л (ПДК — 0,5 мг/л). В пробах воды, отобранных на территории Мурманской обл. в 2006 г., было зарегистрировано 99 случаев высокого уровня загрязнения (ВУЗ) вод, а в 60 случаях был зафиксирован экстремально высокий уровень загрязнения (ЭВУЗ). В районах горнодобывающей, горно-перерабатывающей и металлургической промышленности концентрации тяжелых металлов, сульфатов, фторидов, соединений азота достигали ВУЗ и ЭВУЗ. Это, главным образом, зоны влияния ОАО «Кольская ГМК», ОАО «Ковдорский ГОК», ОАО «Апатит». В последние годы отмечается постепенное увеличение проб, не соответствующих гигиеническим нормативам в основном по санитарно-химическим показателям, что характеризует ухудшающееся состояние водоемов за счет возрастающего антропо- и техногенного воздействия [3].

Показано, что в ландшафтно-географических районах Мурманской обл. — Ковдорско-Колвицком, Печенгском, Мончегорском, Северном прибрежном, где встречается наибольшая заболеваемость мочекаменной болезнью, отмечено наличие повышенных концентраций железа, никеля, кобальта, алюминия, меди в почвенно-растительном слое, а для гидрохимической среды характерно снижение содержания фтора, магния и повышение — кальция, марганца [1, 2].

Анализ результатов сравнительного исследования микроэлементного состава уролитов у жителей из различных медико-географических районов Мурманской обл. показал, что содержание алюминия (Al), железа (Fe), кобальта (Co), свинца (Pb), мышьяка (As) в мочевых камнях у больных МКБ, проживающих в Мончегорском районе, оказалось достоверно выше ($p < 0,05$) по сравнению с жителями остальных районов области. Кроме того, обнаружено содержание никеля (Ni) более 0,1 %.

В мочевых камнях у жителей Хибино-Ловозерского района выявлено повышенное содержание цинка (Zn), у жителей Ковдорско-Колвицкого — алюминия (Al), в Печенгском районе — никеля (Ni), содержание которого достоверно выше ($p < 0,05$) по сравнению с Северным прибрежным и Центральным-моренным районами [3].

Из Северного прибрежного и Центрального-моренного районов примеси микроэлементов в мочевых камнях обнаружены в виде следов (менее 0,01 %) [3].

Для Хибино-Ловозерского района — с преобладанием в почвенно-растительном слое цинка, алюминия, меди, бериллия, стронция, никеля, титана, марганца — содержание микроэлементов в мочевых камнях составило следующий ряд: $Zn > Fe > Al > Cu > As$ [3].

Из Мончегорского района — с преобладанием в почве железа, магния, марганца, кальция; никеля, кобальта, алюминия — в мочевых камнях содержание микроэлементов представлено рядом: $Al, Zn > Fe, Pb, As > Ni$.

В Ковдорско-Колвицком районе — с накоплением в почвенно-растительном слое никеля, меди, кобальта, алюминия; стронция; фосфора и фтора — $Al > Zn > Fe > Cu > Ni$.

Для Печенгского района — с преобладанием в почвенно-растительном слое никеля, меди, кобальта — $Ni > Cu > Co > Fe > As > Al > Zn$.

Исследования, проведенные А. А. Арефьевым [3], показали, что у жителей Мурманской обл. из различных медико-географических районов по уровню накопления из 8 анализируемых элементов во всей выборке мочевых камней преобладают алюминий, цинк, железо, никель, кобальт, свинец, — преимущественно в тех районах, где встречается наибольшая заболеваемость МКБ в области: Ковдоро-Колвицкий, Печенгский, Мончегорский, Хибино-Ловозерский, в почвенно-растительном слое которых отмечено наличие повышенных концентраций аналогичных микроэлементов (железа, никеля, кобальта, алюминия, меди).

Повышенные концентрации различных экотоксикантов в окружающей среде и встречаемость их в биосредах могут служить критерием нарушения или особенностей минерального обмена у жителей Заполярья, которые проявляются в таких заболеваниях, как болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани и мочекаменная болезнь. Мурманская обл. является территорией с высокой заболеваемостью по болезням КМССТ, превышающей среднероссийские показатели, а также заболеваемостью МКБ. За 10 лет в регионе уровень заболеваемости МКБ вырос с 4,7 до 8,8 на 1 тыс. населения. Темп прироста показателя заболеваемости МКБ в области к 2009 г. составил 87,2 %, причем рецидив камнеобразования встречается у 26,3 % больных, преимущественно у женщин (59,1 %) [3].

Приоритетными факторами риска заболеваемости МКБ населения в условиях Заполярья, которые рассматривались на примере Мурманской обл., являются: климатические особенности (полярная ночь); геохимическое состояние окружающей среды (алюминий, цинк, железо, никель, кобальт, свинец); высокие показатели воспалительных заболеваний почек; несбалансированное питание (преобладание углеводов в рационе питания и недостаток свежих овощей и фруктов). Кроме того, была сделана попытка найти зависимость между интенсивностью магнитного возмущения Земли и частотой госпитализации больных МКБ, в результате которой значимые связи не были найдены [3].

Вместе с тем, исследования НИЦ МБП КНЦ РАН показали, что на российской части пос. Баренцбург (арх. Шпицберген) общая заболеваемость болезнями почек и мочевых путей, болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани имеет значимые положительные корреляции солнечной активностью (СА), выраженной через числа Вольфа [6]. Вклад гелиогеофизических агентов в заболеваемость населения в высоких широтах, в частности, в Заполярье, обусловлен, прежде всего, высокой степенью изменчивости физической среды, связанной со строением магнитосферы Земли в области овала полярных сияний. При взаимодействии магнитосферы Земли с потоком заряженных частиц, испускаемых Солнцем, именно в высоких широтах колебания переменного геомагнитного поля (ГМП) и интенсивности космических лучей (КЛ) у поверхности Земли проявляются в экстремальной форме. Эти колебания отражаются в динамике функционального состояния организма человека [5, 8, 9] и детерминируют его чувствительность к агентам различной природы, ассоциированным с арктической средой.

Определенный вклад в структуру заболеваемости Мурманского региона могут вносить и ионизирующие источники излучения природного происхождения, на долю которых приходится 82 % в формировании годовой коллективной дозы [10]. В частности, наибольший вклад в суммарную активность атмосферных осадков и аэрозолей северных широт вносит радионуклид космогенного происхождения $Be-7$ [8], концентрация которого связана со вспышечной СА и погодными-климатическими условиями. Распределение радиоактивности

в атмосферных аэрозолях и осадках, обусловленное содержанием Be-7, подвержено временным и сезонным колебаниям, что связано с вариациями КЛ, СА и другими факторами. В период усиления СА концентрация Be-7 в атмосферных осадках и аэрозолях может увеличиваться более чем на порядок [8]. Колебания ГМП, интенсивности КЛ, генерация Be-7 в верхней атмосфере контролируются СА, которая имеет циклический характер. В годы низкой СА возрастает интенсивность КЛ и снижается геомагнитная активность, и, напротив, в годы высокой — возрастает ГМА, снижается интенсивность КЛ, в период протонных вспышек возрастает генерация Be-7. А это значит, что долевого вклад отдельных высокоширотных физико-химических агентов в модуляцию функционального состояния организма человека варьирует вместе с циклами СА.

Влияние на минеральный обмен в условиях Заполярья могут оказывать также радионуклиды техногенного происхождения [11] на Кольском Севере. По материалам аэрогамма-спектрометрической съемки 1990–1991 гг. были опубликованы обзорные карты мощности экспозиционной дозы (мкР/ч) гамма-излучения и распределения запасов (поверхностного загрязнения) цезия-137 (Ки/км²) [12]. На этих картах обозначены отдельные участки (северо-западнее Алакуртти, Терский берег), где средний запас цезия-137 превышен и составляет более 0,2 Ки/км², однако почти пятая часть территории Кольского п-ова не была охвачена этой съемкой [11]. Лабораторные методы анализа радионуклидов в пробах позволили создать карту распределения удельной активности цезия-137 в лишайниках Кольского п-ова. [13], на которой показано, что при фоновых концентрациях от 85 до 450 Бк/кг цезия выделяется ряд загрязненных пятен (800–900 Бк/кг) — районы Пялицы и Чаванги на Терском берегу, севернее Верхнетуломского водохранилища (р. Пауст), южнее станции Перевал, при суммарной активности естественных радионуклидов в почве около 400 Бк/кг.

В результате изучения содержания цезия-137 более чем в 50 пробах лишайников и мхов, а также в грибах и ягодах стало очевидным существование крайне мозаичной картины полей радионуклидных примесей на подстилающей поверхности Кольского п-ова, Земли Франца-Иосифа и Новой Земли. Оказалось, что достаточно часто в радиусе нескольких десятков километров содержание цезия-137 в почве, растениях варьирует от 5–20 до 300–900 Бк/кг. Это означает, что в течение последних 5–20 лет атмосферный воздух европейского Заполярья периодически содержал ощутимые количества радиоактивной пыли. Следовательно, при анализе особенностей минерального обмена у жителей Заполярья необходимо учитывать вклад техногенных радионуклидов, которые могут влиять на заболеваемость населения, подвергающегося хроническому облучению в малых дозах. Особенно чувствительной категорией населения к разнообразным воздействиям окружающей среды в условиях Заполярья являются дети [14]. Однако исследования, направленные на выявление особенностей минерального обмена у детей, проживающих в условиях высокой неоднородности природной и техногенной среды, практически не проводились.

Задача данного исследования состоит в сравнительной оценке распространенности связанных с особенностями минерального обмена заболеваний, таких как болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани, мочекаменная болезнь, у детей и взрослых на различных территориях Заполярья. Это поможет выявить приоритетный вклад природной и техногенной среды в уровень заболеваемости населения болезнями, обусловленными особенностями минерального обмена [15–23], и в дальнейшем разработать мероприятия, направленные на снижение распространенных болезней минерального обмена.

Материал и методы

В работе использовали данные статистического сборника «Заболеваемость населения Мурманской области 2006–2010» [24] и Мурманского областного медицинского информационно-аналитического центра за 2011–2016 гг. Сведения о гидрохимических показателях взяты из авторской базы данных, полученной при анализе воды: 27 источников — г. Мончегорск, 12 — г. Оленегорск, 15 — пос. Ловозеро, 12 — г. Ковдор. Геофизические данные включали показатели: солнечной активности, ассоциированной с вариациями геофизических агентов у поверхности Земли (индексы ГМА) (ftp://spdf.gsfc.nasa.gov/pub/data/omni/low_res_omni/); счета наземного нейтронного монитора, отражающего вариации потока КЛ у поверхности Земли и в околоземном пространстве на широте проведения исследований (станция нейтронного монитора Полярного геофизического института РАН, г. Апатиты).

Данные статистически обрабатывались с применением пакета программ STATISTICA 10, построение графиков осуществлялось в графическом редакторе ORIGIN.

Заболеваемость болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани

На рис. 1 показана заболеваемость болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани на различных территориях (ведомствах) Мурманской обл.

В возрастной группе детей 0–14 лет по общей заболеваемости болезнями КМССТ первое место занимает г. Кировск ($183,62 \pm 91,62$), за которым следуют города Мурманск ($162,07 \pm 14,31$), Апатиты ($152,72 \pm 58,01$), Оленегорск ($126,44 \pm 37,28$) (рис. 1, А). По уровню первичной заболеваемости детей в этой возрастной группе первое место сохраняется за Кировском ($139,17 \pm 75,99$), второе и третье места также остаются за городами Мурманск ($82,39 \pm 10,86$) и Апатиты ($62,05 \pm 32,14$), четвертое место занимает ЗАТО пос. Видяево ($62,06 \pm 41,73$) (рис. 1, А₁).

В возрастной группе детей 15–17 лет первое место по общей заболеваемости болезнями КМССТ принадлежит городу Полярные Зори ($532,77 \pm 106,51$) (рис. 1, Б), причем в этой возрастной группе заболеваемость болезнями КМССТ выросла почти в 6 раз. Это можно объяснить тем, что такое резкое возрастание общей заболеваемости в данной группе обусловлено повышенным травматизмом из-за поведенческих возрастных особенностей. Тем не менее, в г. Кировске ($357,13 \pm 198,60$), занимающем второе место по заболеваемости в этой возрастной группе, переход из группы 0–14 лет в подростковую (15–17 лет) сопровождается увеличением общей заболеваемости КМССТ всего лишь в 2 раза (рис. 1, Б), притом, что травматизм костно-мышечной системы в группе подростков, проживающих в Кировске, должен быть выше из-за горнолыжной трассы, предполагающей активное участие детей в горнолыжном спорте. Такая же ситуация с заболеваемостью болезнями КМССТ характерна и для подростковой группы (15–17 лет) в г. Апатиты ($334,14 \pm 111,78$), где заболеваемость, по сравнению с предыдущей возрастной группой, возросла также в 2 раза (рис. 1, Б). Это свидетельствует о том, что в г. Полярные Зори либо среда обитания содействует заболеванию костно-мышечной системы у детей, либо там живущие дети предрасположены к такому классу заболеваемости из-за предыстории здоровья их родителей.

Что же касается первичной заболеваемости болезнями КМССТ, то в возрастной группе 15–17 лет ситуация практически сохраняется такой же, как и в группе 0–14 лет (рис. 1, Б₁): на первом месте находится г. Кировск ($223,55 \pm 119,57$), на втором — г. Мурманск ($102,45 \pm 24,79$), на третьем и четвертом — ЗАТО пос. Видяево ($102,25 \pm 117,63$) и г. Апатиты ($101,96 \pm 23,93$) соответственно (рис. 1, Б₁). В группе взрослых на первое место по общей

заболеваемости болезнями КМССТ выдвигаются Полярные Зори ($341,08 \pm 87,54$), аналогичная ситуация и в подростковой группе (15–17 лет). Второе и третье место разделяют города Кировск ($269,12 \pm 36,03$) и Апатиты ($246,39 \pm 27,39$) соответственно (рис. 1, В). Для первичной заболеваемости этим классом болезней характерно следующее: первое место в группе взрослых занимает г. Кировск ($69,35 \pm 13,7$), второе — г. Апатиты ($61,67 \pm 8,66$), третье — Ковдорский район ($51,65 \pm 23,65$), (рис. 1, В₁). Вероятно, определенный вклад в заболеваемость болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани у взрослых может вносить их профессиональная деятельность.

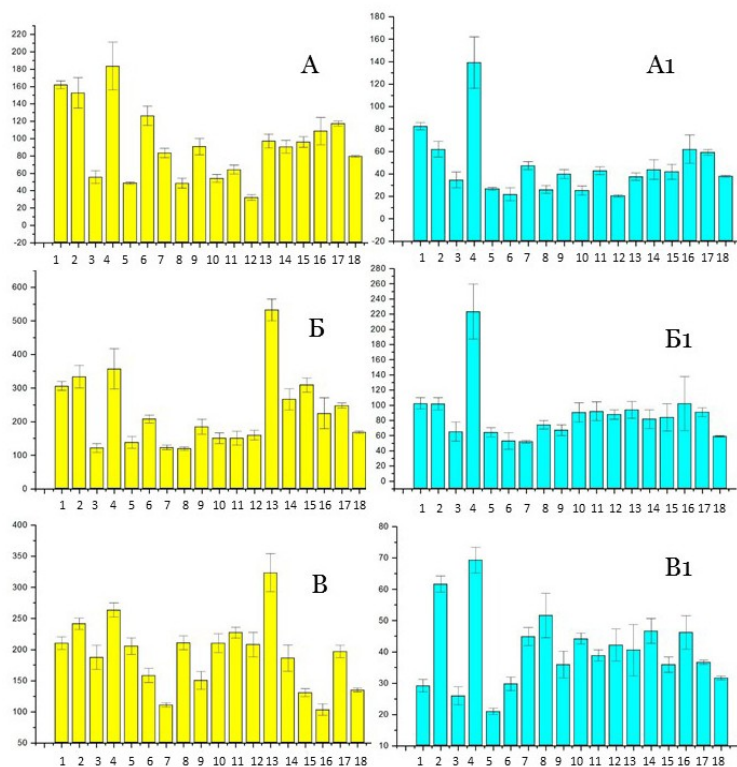


Рис. 1. Распространенность болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани на различных территориях (ведомствах) Мурманской обл. (на 1 тыс. соответствующего населения).
 Общая и первичная заболеваемость: А, А₁ — детей 0–14 лет; Б, Б₁ — детей 15–17 лет; В, В₁ — взрослых;
 Ведомственные территории (по оси абсцисс): 1 — Мурманск, 2 — Апатиты, 3 — Кандалакша, 4 — Кировск,
 5 — Мончегорск, 6 — Оленегорск, 7 — ЗАТО Североморск, 8 — Ковдорский район,
 9 — Кольский район, 10 — Ловозерский район, 11 — Печенгский район, 12 — Терский район,
 13 — Полярные зори, 14 — ЗАТО Снежногорск, 15 — ЗАТО Александровск, 16 — ЗАТО Видяево,
 17 — в целом по территории, 18 — РФ

Таким образом, заболеваемость болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани в Мурманской обл., с одной стороны, обусловлена особенностями среды обитания, с другой — вероятно, характером деятельности населения, с третьей — предысторией здоровья родителей детей, которая может вносить определенный вклад в предрасположенность к тем или иным заболеваниям. Показано, что данный класс заболеваний наиболее распространен в Апатитско-Кировском районе, в городах Полярные Зори и Мурманске, в Ковдорском районе, причем в целом по Мурманской обл. заболеваемость данным классом болезней превышает общероссийский уровень (рис. 1).

Заболееваемость болезнями мочеполовой системы (мочекаменная болезнь)

Заболееваемость мочекаменной болезнью на различных территориях (ведомствах) Мурманской обл. показана на рис. 2. По уровню общей заболееваемости МКБ в возрастной группе детей 0–14 лет возглавляет список Терский район ($1,04 \pm 0,03$), на втором и третьем месте — города Апатиты ($0,88 \pm 0,54$) и Полярные Зори ($0,86 \pm 0,56$) (рис. 2, А).

По уровню первичной заболееваемости детей этой же группы на первом месте остается Терский район ($1,03 \pm 0,04$), втором — Ловозерский ($0,57 \pm 0,04$), за ним следуют Кольский ($0,4 \pm 0,45$) и Ковдорский ($0,3 \pm 0,01$) районы (рис. 2, А₁).

В возрастной группе детей 15–17 на первом месте по общей заболееваемости МКБ — ЗАТО пос. Видяево ($10,33 \pm 5,52$) (рис. 2, Б), на втором — Терский район ($4,50 \pm 1,13$), на третьем — Мончегорск ($2,76 \pm 1,47$), четвертом — Ловозерский район ($2,73 \pm 0,76$).

Что же касается первичной заболееваемости МКБ в этой возрастной группе, то она в некоторой степени схожа с общей заболееваемостью: на первом и втором месте остались ЗАТО пос. Видяево ($8,1 \pm 0,0$) и Терский район ($3,00 \pm 0,0$), на третье переместился Ловозерский район ($2,53 \pm 0,80$), на четвертое — г. Полярные Зори ($1,90 \pm 0,28$) (рис. 2, Б₁).

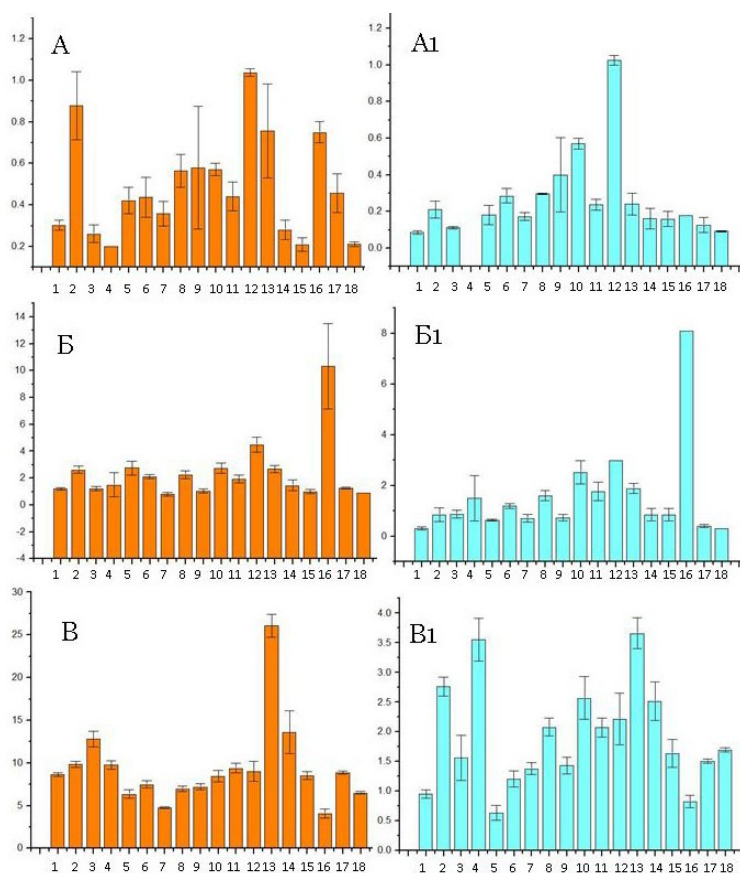


Рис. 2. Распространенность болезней мочеполовой системы (мочекаменная болезнь) на различных территориях (ведомствах) Мурманской обл. (на 1 тыс. соответствующего населения): Общая и первичная заболееваемость: А, А₁ — детей 0–14 лет; Б, Б₁ — детей 15–17 лет; В, В₁ — взрослых. Ведомственные территории по оси абсцисс: 1 — г. Мурманск, 2 — г. Апатиты, 3 — г. Кандалакша, 4 — г. Кировск, 5 — г. Мончегорск, 6 — г. Оленегорск, 7 — ЗАТО г. Североморск, 8 — Ковдорский район, 9 — Кольский район, 10 — Ловозерский район, 11 — Печенгский район, 12 — Терский район, 13 — г. Полярные Зори, 14 — ЗАТО г. Снежногорск, 15 — ЗАТО г. Александровск, 16 — ЗАТО пос. Видяево, 17 — в целом по территории, 18 — РФ

В группе взрослых радикально меняется распределение территорий по уровню общей и первичной заболеваемости МКБ по сравнению с возрастными группами детей. На первом месте по общей заболеваемости г. Полярные Зори ($26,1 \pm 4,43$), т. е. город лидирует по общей заболеваемости взрослых как болезнями КМССТ (рис. 1, В), так и Мочекаменной болезнью (рис. 2, В), на втором — ЗАТО г. Снежногорск ($13,61 \pm 7,87$), на третьем — г. Кандалакша ($12,80 \pm 2,97$), на четвертом — г. Апатиты ($9,86 \pm 1,14$) (рис. 2, В).

В первичной заболеваемости МКБ на первом месте остается г. Полярные Зори ($3,66 \pm 0,85$), на втором расположился г. Кировск ($3,55 \pm 1,18$), на третьем — г. Апатиты ($2,76 \pm 0,53$), на четвертом — Ловозерский район ($2,57 \pm 1,19$), на пятом — ЗАТО г. Снежногорск ($2,52 \pm 1,03$) и на шестом — Терский район ($2,22 \pm 1,38$) (рис. 2, В₁).

Распределение территорий по уровню заболеваемости МКБ в зависимости от возраста населения свидетельствует об изменении вклада факторов среды обитания в общую и первичную заболеваемость. Если в возрастной группе детей 0–14 лет наибольшее значение имеют факторы окружающей среды (качество воды, воздуха, пищевых продуктов), в группе подростков (15–17) — особенности возрастного онтогенеза, обусловленные гормональными перестройками, а также более длительная аккумуляция ксенобиотиков, генотоксикантов и других элементов среды, по сравнению с более юной возрастной группой, то для взрослых, по-видимому, в заболеваемости МКБ ведущее значение имеют профессиональная деятельность и образ жизни.

Поэтому при выяснении роли факторов окружающей среды для здоровья населения желательно анализировать заболеваемость детского населения в возрастной группе 0–14 лет, как наименее зависимой от образа жизни и наиболее чувствительной к воздействию среды обитания.

Оценка возможного вклада качества питьевой воды в заболеваемость населения болезнями КМССТ и МКБ на примере нескольких территорий Мурманской обл.

Для выявления одной из возможных причин в заболеваемости населения болезнями, связанными с особенностями минерального обмена на различных территориях, было проведено попарное сравнение средних значений гидрохимических и элементных характеристик воды из различных источников в городах Мончегорск, Оленегорск, Ковдор, в пос. Ловозеро с применением непараметрических критериев сравнения двух независимых групп (U-критерий Манна — Уитни и критерий Колмогорова — Смирнова), а также *t*-критерия для независимых выборок при уровне значимости критериев $p < 0,05$.

При попарном сравнении средних значений гидрохимических и элементных характеристик воды из различных источников на вышеприведенных территориях были выявлены существенные колебания свойств воды. Так, в г. Мончегорске и пос. Ловозеро качественные и количественные характеристики воды значимо ($p < 0,050$) различались между собой, за исключением содержания азота аммонийного (NH_4 , мкгN/л), фосфатов (PO_4 (мкгP/л); ТРф (мкг/л); ТРн/ф (мкг/л)), кобальта, свинца, хрома, мышьяка (ТСо, ТРb, ТCr, ТAs (мкг/л) соответственно) (табл. 1).

В частности, полное содержание в воде магния (Mg), кремния (Si), алюминия (Al), железа (TFe), марганца (TMn), стронция (TS) в пос. Ловозеро было выше, чем в г. Мончегорске, однако средние значения содержания в воде меди (TCu), никеля (TNi), цинка (TZn), кадмия (TCd) были выше в г. Мончегорске, чем в пос. Ловозеро, в 14, 25, 11 и 2 раза соответственно.

При сравнении средних значений гидрохимических и элементных характеристик воды из различных источников в пос. Ловозеро и г. Ковдоре значимые ($p < 0,05$) различия были выявлены в содержании магния (Mg), натрия (Na), сульфатов (SO_4), кремния (Si), стронция (TSr),

содержание этих элементов было выше в воде г. Ковдор, а также содержание хлора (Cl), алюминия (Al), железа (Fe), марганца (Mn), которое было выше в воде из источников пос. Ловозеро (табл. 1).

Сравнение средних значений гидрохимических и элементных характеристик воды из различных источников в г. Мончегорск и в г. Ковдор выявило значимые ($p < 0,05$) различия в содержании кальция (Ca, мг/л), магния (Mg, мг/л), натрия (Na, мг/л), калия (K, мг/л), сульфатов (SO_4 , мг/л), кремния (Si, мг/л), меди (Cu, мг/л), марганца (Mn, мг/л) и стронция (Sr, мг/л), по критерию Колмогорова — Смирнова, однако по t -критерию для независимых выборок значимые различия в содержании элементов в воде городов Мончегорска и Ковдора были выявлены лишь для кремния, меди, никеля и цинка, причем содержание последних трех элементов в воде г. Мончегорска превышало таковое в воде г. Ковдор в 37,4, 36,8 и 6 раз соответственно.

Таблица 1

Средние значения гидрохимических и элементных характеристик воды из различных источников в городах Мончегорск, Оленегорск, Ковдор и пос. Ловозеро

Содержание		Мончегорск	Оленегорск	Ловозеро	Ковдор	ПДК
NH_4	(мкгN/л)	5,00±4,63	5,50±3,40	5,67±3,90	17,46±43,91	1,5
Ca	(мг/л)	2,27±0,14	2,430,23	2,83±0,95	6,73±8,71	100
Mg	(мг/л)	0,74±0,05	1,15±0,12	1,59±0,59	2,62±5,66	50
Na	(мг/л)	1,86±0,49	2,81±0,38	4,93±5,05	8,04±20,65	200
K	(мг/л)	0,44±0,06	0,67±0,09	0,63±0,12	2,59±6,65	12
SO_4	(мг/л)	3,98±0,49	2,78±0,41	4,30±4,18	20,62±48,42	250–500
NO_3	(мгN/л)	15,87±11,49	12,08±9,67	41,73±28,36	31,25±21,05	45–50
Cl	(мг/л)	2,79±1,30	3,57±1,75	4,78±1,85	2,28±1,86	0,3–0,8
TN	(мкгN/л)	100,22±22,25	190,33±14,70	201,80±73,59	127,25±83,46	–
PO_4	(мкгP/л)	0,70±0,82	0,58±0,51	0,60±0,51	30,58±102,17	0,0001
TPф	(мкг/л)	2,52±1,41	4,67±1,37	3,53±2,20	49,00±127,28	–
TPн/ф	(мкг/л)	5,65±2,93	10,42±1,68	7,80±3,88	41,83119,11	–
Si	(мг/л)	2,84±0,56	2,38±0,46	4,27±1,34	4,96±1,02	10
TAl	(мкг/л)	37,83±18,12	31,44±21,25	105,36±73,53	71,73±77,21	0,2–0,5
TFe	(мкг/л)	156,45±169,43	105,97±64,34	1003,33±804,51	151,58±117,12	0,3
TCu	(мкг/л)	15,24±13,09	1,93±0,75	1,11±0,87	0,55±0,44	1
TNi	(мкг/л)	15,39±12,80	1,14±0,59	0,62±0,47	0,55±0,41	0,02–0,1
TCo	(мкг/л)	0,33±0,27	0,20±0,00	0,24±0,08	0,26±0,20	0,1
TZn	(мкг/л)	32,38±40,78	1,21±1,14	2,97±2,79	7,16±14,01	3,0–5,0
TMn	(мкг/л)	19,1232,41	22,93±21,59	42,56±27,29	9,68±19,90	0,1
TSr	(мкг/л)	17,73±2,74	34,69±6,55	49,02±13,31	124,60±292,13	7
TPb	(мкг/л)	0,44±0,11	0,38±0,15	0,41±0,14	0,59±0,38	0,01–0,03
TCr	(мкг/л)	0,18±0,12	0,16±0,10	0,22±0,06	0,27±0,22	0,05–0,5
TCd	(мкг/л)	0,18±0,10	0,11±0,06	0,09±0,03	0,13±0,11	0,001–0,003
TAs	(мкг/л)	0,84±0,54	0,53±0,06	0,66±0,21	0,88±0,33	0,01–0,05

Сравнение средних значений гидрохимических и элементных характеристик воды из различных источников в городах Мончегорск и Оленегорск не выявило значимых различий в концентрациях азота, хлора, фосфатов, кремния, железа, марганца, свинца, хрома, кадмия и мышьяка. Однако содержание меди и никеля в воде г. Мончегорске превышало таковое в воде г. Оленегорска в 8 и 13,5 раза соответственно, а концентрация стронция в воде г. Оленегорска была в 2 раза выше, чем в воде г. Мончегорска (табл. 1).

Сравнение средних значений гидрохимических и элементных характеристик воды из различных источников в г. Оленегорске и в пос. Ловозеро выявило значимые, но невысокие различия в содержании магния, сульфатов, нитратов, азота, кремния, алюминия, меди, никеля, марганца, стронция, хрома, за исключением железа, содержание которого в воде пос. Ловозеро превышало таковое в воде г. Оленегорска в 9,4 раза. Сравнение средних значений гидрохимических и элементных характеристик воды из различных источников в городах Оленегорск и Ковдор выявило невысокие различия в содержании нитратов, азота, кремния, меди, никеля.

Таким образом, если сопоставлять основные различия в гидрохимическом и элементном составе воды из разных источников на территориях городов Мончегорск, Оленегорск, Ковдор и пос. Ловозеро, то складывается следующая картина: в воде г. Мончегорска преобладает содержание меди, никеля, цинка; вода г. Оленегорска не отличается какими-либо особыми свойствами по сравнению с водой на других территориях; вода пос. Ловозеро в основном «обогащена» железом и марганцем; в воде г. Ковдора содержание фосфора и стронция существенно выше по сравнению с другими территориями.

Вместе с тем, если сравнивать первичную заболеваемость детского населения (0–14 лет) болезнями КМССТ на данных территориях, то значимых различий не обнаружено: в городах Мончегорск, Оленегорск, в Ловозерском и Ковдорском районах на 1 тыс. населения она составляет $26,73 \pm 4,27$, $21,86 \pm 13$, $25,24 \pm 12,90$, $26,08 \pm 11,25$ соответственно. Общая заболеваемость детей болезнями КМССТ в той же возрастной группе составляет $48,85 \pm 4,96$, $126,44 \pm 37,28$, $54,21 \pm 14,43$, $48,49 \pm 18,56$ соответственно, причем значимые различия здесь выявлены только в г. Оленегорске ($p < 0,01$) по сравнению с г. Мончегорском, Ловозерским и Ковдорским районами, т. е. на территории, где характеристики воды практически ничем не выделяются среди исследованных источников.

Сравнение первичной и общей заболеваемости МКБ у детей возрастной группы 0–14 лет в городах Мончегорске, Оленегорске, в Ловозерском и Ковдорском районах, где первичная заболеваемость МКБ на 1 тыс. населения составляет $0,18 \pm 0,13$, $0,29 \pm 0,11$, $0,57 \pm 0,04$, $0,30 \pm 0,1$, а общая — $0,42 \pm 0,20$, $0,44 \pm 0,27$, $0,57 \pm 0,04$, $0,56 \pm 0,21$ соответственно, говорит лишь о значимом превышении в первичной заболеваемости детей в Ловозерском районе, где выявлено высокое содержание железа по сравнению с другими территориями, однако уровень общей заболеваемости МКБ на этих территориях в основном одинаков.

Таким образом, результаты гидрохимического и элементного анализа воды в том объеме, который был выполнен в городах Мончегорск и Оленегорск, пос. Ловозеро и Ковдорском районе, не позволяют судить о вкладе качества воды в заболеваемость населения КМССТ и МКБ. Можно полагать, что для выяснения причин заболеваемости населения КМССТ и МКБ на ведомственных территориях Мурманской обл. требуется расширенный элементный анализ среды обитания, а также микроэлементный анализ биологических проб, в первую очередь включающих элементный анализ волос детского населения.

Зависимость уровня заболеваемости болезнями КМССТ и МКБ от вариаций высокоширотных геофизических агентов

Чтобы выяснить вклад высокоширотных геофизических агентов в заболеваемость населения Арктической зоны РФ, на различных территориях (ведомствах) в Мурманской обл. была сопоставлена динамика заболеваемости болезнями КМССТ и МКБ в различных возрастных группах:

- с вариациями параметров межпланетной среды;
- с геоэффективными параметрами солнечного ветра, ассоциированными с СА;
- с наземными показателями ГМА, которая характеризуется набором индексов, включающих высокоширотные геомагнитные индексы — AL, AU, AE (nT).

Детальную структуру флуктуаций магнитного поля из-за токов авроральной зоны (авроральная электроструя) характеризует индекс авроральной электроструи AE, для вычисления которого используются магнитограммы Н-компонентов обсерваторий, расположенных на авроральных или субавроральных широтах и равномерно распределенных по долготе. В настоящее время AE-индексы вычисляются по данным 12 обсерваторий, расположенных в Северном полушарии на разных долготах между 60° и 70° геомагнитной широты. Для численного описания суббуревой активности используются также геомагнитные индексы AL (наибольшая отрицательная вариация магнитного поля), AU (наибольшая положительная вариация магнитного поля) и AE (разность AL и AU) [25].

Результаты оценки значимости связи между динамикой ежегодной общей заболеваемости болезнями КМССТ в различных возрастных группах, проживающих в территориальных образованиях Мурманской обл., и вариациями среднегодовых значений геофизических индексов за период с 2006 по 2016 гг. приведены в табл. 2.

Знаки корреляции между показателями общей заболеваемости болезнями КМССТ и индексом ГМА (AE-индексом) в возрастных группах детского (0–14, 15–17 лет) и взрослого населения г. Апатиты, Ковдорского района, ЗАТО пос. Видяево противоположны (табл. 2). Это свидетельствует, по-видимому, о разной чувствительности детского и взрослого населения этих территорий к воздействию факторов среды обитания сходной природы. Причем если характер связи (знак корреляции и уровень значимости) между показателями общей заболеваемости детского населения на всей территории Мурманской обл. и индексом ГМА (AE) значительно варьирует, то у взрослого населения практически повсеместно, за исключением г. Североморска, выявлена положительная корреляция между общей заболеваемостью болезнями КМССТ и индексом AE. Это свидетельствует о том, что заболеваемость взрослого населения в Мурманской обл., а следовательно и в Арктической зоне РФ, болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани увеличивается при возрастании ГМА.

Если для заболеваемости взрослого населения болезнями КМССТ характерна положительная связь с геомагнитной активностью, то связь между заболеваемостью МКБ и геомагнитной активностью достаточно неоднозначна (табл. 3).

Первичная заболеваемость МКБ у взрослого населения в городах Мурманск и Мончегорск, ЗАТО Североморск, пос. Видяево, Ковдорском и Терском районах имеет положительные знаки корреляции с интенсивностью вторичных КЛ у поверхности Земли и отрицательную связь с индексами ГМА и СА — AE-индексом и f10,7-индексом соответственно

(табл. 3). И хотя значимость связи с этими индексами не на всех территориях достигает уровня $p < 0,05$ (табл. 3), тем не менее, знак связи отражает общую тенденцию возрастания заболеваемостью МКБ взрослого населения на указанных территориях в годы с пониженной СА и при возрастании интенсивности КЛ.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между динамикой ежегодной общей заболеваемостью болезнями КМССТ в различных возрастных группах (на 1 тыс. населения) и вариациями среднегодовых значений высокоширотных индексов геомагнитной активности (АЕ-индекс) за период 2006–2016 гг.

Территории	Дети 0–14 лет		Дети 15–17 лет		Взрослые	
	$M \pm \sigma$	АЕ-индекс	$M \pm \sigma$	АЕ-индекс	$M \pm \sigma$	АЕ-индекс
Мурманск	162,07±14,31	0,72	306,31±43,30	0,61	215,73±30,51	0,79
Апатиты	152,72±58,01	-0,69	334,14±111,78	-0,68	246,39±27,39	0,62
Кандалакша	55,56±24,80	0,18	121,95±41,88	0,05	195,34±62,25	0,83
Кировск	183,62±91,52	0,68	357,13±198,60	0,64	269,12±36,03	0,44
Мончегорск	48,85±4,96	0,07	138,6±59,06	0,63	213±38,96	0,68
Оленегорск	126,44±37,28	0,25	207,91±40,19	0,36	165,17±33,71	0,66
ЗАТО Североморск	83,53±17,78	-0,01	123,55±23,24	-0,57	110,78±12,20	-0,09
Ковдорский район	48,49±18,56	-0,73	120,24±17,79	-0,53	214,63±36,94	0,88
Кольский район	90,92±31,52	0,64	185,46±73,22	0,58	153,6±48,46	0,89
Ловозерский район	54,21±14,43	0,34	150,91±51,59	0,25	216,81±49,45	0,83
Печенгский район	64,36±17,34	-0,30	151,09±69,69	0,62	233,03±24,09	0,74
Терский район	32,35±10,81	0,79	160,07±46,85	0,28	215,41±64,51	0,68
Полярные Зори	97,32±26,43	0,65	532,77±106,51	0,63	341,08±87,54	0,71
ЗАТО Видяево	108,73±51,91	-0,37	225,13±152,61	-0,45	109,94±22,55	0,60
В целом по территории	117,22±9,64	0,52	191,436±86,18	0,78	202,07±29,33	0,83

Примечание. Уровень значимости маркированных курсивом коэффициентов корреляции — $p < 0,05$.

Связь показателей заболеваемости МКБ с геофизическими индексами, отражающими интенсивность КЛ у поверхности Земли, уровень ГМА и СА в городах Апатиты, Кандалакша, Кировск, Полярные Зори, а также в Кольском, Ловозерском и Печенгском районах проявляет альтернативный характер по сравнению с приведенными выше территориями, хотя, как и на этих территориях, значимость связи не всегда достигает уровня $p < 0,05$ (табл. 2).

Таким образом, по характеру сопряженности первичной заболеваемости мочекаменной болезни с геофизическими агентами Мурманский регион можно разделить на две группы территорий:

- в первой группе частота первичной заболеваемостью МКБ увеличивается при возрастании ГМА и СА;
- во второй группе, напротив, снижается при возрастании ГМА и СА и увеличивается при повышении плотности потока КЛ.

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между динамикой ежегодной первичной и общей заболеваемости МКБ взрослого населения (на 1 тыс. населения) и вариациями среднегодовых значений геофизических агентов* за период с 2006 по 2016 гг.

Территории	Первичная заболеваемость				Общая заболеваемость			
	$M \pm \sigma$	КЛ	АЕ-индекс	f10,7	$M \pm \sigma$	КЛ	АЕ-индекс	f10,7
Мурманск	0,96±0,25	0,66	-0,94	-0,53	8,87±0,52	0,03	-0,38	0,06
Апатиты	2,82±0,56	-0,45	0,76	0,45	9,98±1,21	-0,46	0,70	0,42
Кандалакша	1,63±1,35	-0,59	0,16	0,57	12,61±3,09	-0,20	0,28	0,07
Кировск	3,78±1,19	-0,87	0,75	0,72	9,88±1,69	-0,74	0,54	0,62
Мончегорск	0,57±0,26	0,89	-0,70	-0,81	6,19±1,67	0,65	-0,29	-0,67
Оленегорск	1,20±0,48	0,43	-0,12	-0,48	7,80±1,34	-0,86	0,77	0,76
ЗАТО Североморск	1,33±0,34	0,67	-0,39	-0,71	4,84±0,45	-0,33	0,59	0,25
Ковдорский район	2,10±0,56	0,74	-0,69	-0,75	7,10±1,08	-0,44	0,26	0,32
Кольский район	1,49±0,50	-0,28	0,66	-0,03	7,43±1,26	-0,71	0,85	0,48
Ловозерский район	2,8±1,20	-0,90	0,87	0,80	9,14±1,61	-0,92	0,67	0,89
Печенгский район	2,08±0,56	-0,87	0,64	0,78	9,52±2,11	-0,83	0,70	0,79
Терский район	2,44±1,26	0,05	-0,44	0,07	10,26±3,15	-0,52	0,35	0,48
Полярные Зори	3,50±0,79	-0,05	0,59	-0,16	26,04±4,93	-0,67	0,78	0,49
ЗАТО Видяево	0,78±0,32	0,30	0,02	-0,45	4,38±1,73	-0,36	0,13	0,22
В целом по территории	1,52±0,12	-0,19	0,03	0,16	8,98±0,53	-0,66	0,72	0,55

Примечание. Уровень значимости маркированных курсивом коэффициентов корреляции — $p < 0,05$.

*Интенсивность вторичных КЛ (нейтронов) у поверхности Земли, индекс ГМА (АЕ-индекс), индекс СА — поток радиоизлучения Солнца с длиной волны 10,7 см (f10,7 index).

Связь общей заболеваемости МКБ взрослого населения Мурманской обл. с геофизическими агентами носит более выраженный характер, проявляющийся, как и в случае с заболеваемостью КМССТ, в возрастании общей заболеваемости при увеличении ГМА, за исключением заболеваемости в городах Мурманск и Мончегорск, где коэффициенты корреляции уровня общей заболеваемости МКБ с АЕ-индексом имеют отрицательный знак, но при $p > 0,05$ (табл. 2). Учитывая то, что МКБ у взрослого населения в значительной мере определяется образом жизни и профессиональной деятельностью (что, в свою очередь, предполагает определенные пищевые пристрастия, использование напитков и воды разного качества, не обязательно определяемых свойствами водопроводной воды, профессиональные

вредности, генетические особенности), то обнаруженная связь частоты заболеваемости МКБ с вариациями геофизических агентов свидетельствует о существенной модуляции функционального состояния организма человека СА в высоких широтах, которая распространяется и на предрасположенность к заболеванию МКБ в определенные фазы цикла СА.

Заключение

Анализ заболеваемости населения в Мурманской обл. позволил выявить территории с повышенной заболеваемостью детского и взрослого населения болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани и мочекаменной болезнью, обусловленными особенностями минерального обмена при высокой неоднородности природной и техногенной среды. Показано, что класс заболеваний КМССТ наиболее распространен в Апатитско-Кировском районе, в городах Полярные Зори и Мурманск, в Ковдорском районе. В целом по Мурманской обл. заболеваемость данным классом болезней превышает общероссийский уровень. Выявлено, что первичная заболеваемость МКБ у детского населения 0–14 лет наиболее высокая в Терском районе, а общая заболеваемость в этой возрастной группе показывает высокие значения в городах Апатиты и Полярные Зори, Терском районе и ЗАТО Видяево. Первичная и общая заболеваемость детей в возрастной группе 15–17 достигает максимальных значений в ЗАТО Видяево.

Первичная заболеваемость МКБ у взрослого населения наиболее высокая в городах Апатиты, Кировск, Полярные Зори, ЗАТО Снежногорск и Ловозерском районе. Общая заболеваемость МКБ у взрослого населения максимально проявляется в г. Полярные Зори.

Проведенные исследования показали, что заболеваемость населения в Мурманской обл. болезнями КМССТ обусловлена как особенностями среды обитания, так и дополнительными факторами, связанными, по всей видимости, с особенностями образа жизни и профессиональной деятельности. Для населения детского возраста имеет значение предрасположенность к болезням минерального обмена, обусловленная предысторией здоровья родителей. Распределение территорий по уровню заболеваемости МКБ свидетельствует об изменении вклада факторов среды обитания в общую и первичную заболеваемость населения в зависимости от возраста. В уровень заболеваемости МКБ взрослого населения, по-видимому, существенный вклад вносит характер профессиональной деятельности и образ жизни.

Выполненные гидрохимический и элементный анализы воды на территориях городов Мончегорск, Оленегорск, пос. Ловозеро и в Ковдорском районе не позволяют судить о вкладе качества воды в заболеваемость населения болезнями КМССТ и МКБ, что предполагает расширенный элементный анализ среды обитания, а также микроэлементный анализ биологических проб, включающих, в первую очередь, элементный анализ волос детского населения.

Вместе с тем, выявлен вклад вариаций геофизических агентов в уровень заболеваемости населения болезнями КМССТ и МКБ. Показано, что практически повсеместно, за исключением ЗАТО Североморск, у взрослого населения общая заболеваемость болезнями КМССТ сопряжена с уровнем ГМА. Общая заболеваемость МКБ взрослого населения Мурманской обл., как и в случае с заболеваемостью болезнями КМССТ, увеличивается при возрастании ГМА, за исключением заболеваемости в городах Мурманск и Мончегорск, где коэффициенты корреляция уровня общей заболеваемости МКБ с АЕ-индексом имеют отрицательный знак ($p > 0,05$). Обнаруженные связи частоты заболеваемости болезнями КМССТ и МКБ с вариациями геофизических агентов свидетельствуют о существенной модуляции функционального состояния организма человека высокоширотными геофизическими агентами в условиях Арктики.

Анализ заболеваемости населения в Мурманской обл. позволил выявить территории с повышенной заболеваемостью детского и взрослого населения болезнями, обусловленными особенностями минерального обмена при высокой неоднородности природной и техногенной среды. Показана существенная роль вариаций высокоширотных геофизических агентов в модуляции заболеваемости детского и взрослого населения болезнями, обусловленными особенностями минерального обмена, независимо от гетерогенности среды обитания и дополнительных вкладов невыясненной природы.

Благодарности

Авторы выражают сердечную признательность заместителю министра Министерства здравоохранения Мурманской обл. Р. В. Москвину и начальнику Мурманского областного медицинского информационно-аналитического центра (МИАЦ) Е. Е. Горюновой за бесценную поддержку в получении статистических материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын А. П., Жаворонков А. А. Микроэлементозы Севера // Вопросы медицинской географии Севера. Мурманск: Кн. изд-во, 1986. С. 9–17.
2. Авцын А. П., Кениг Э. Э. Некоторые вопросы географической патологии Крайнего Севера // Труд и здоровье человека на Крайнем Севере. Мурманск, 1970. Вып. 14. С. 58–80.
3. Арефьев А. А. Этиопатогенетические особенности мочекаменной болезни в условиях Заполярья: дис. ... к. м. н. СПб., 2009. 155 с.
4. Медико-демографические показатели и санитарно-эпидемиологическая обстановка в Мурманской области в 2010 году: атлас / Управление федер. службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Мурманской области. Мурманск, 2011.
5. Белишева Н. К., Конрадов С. А. Значение вариаций геомагнитного поля для функционального состояния организма человека в высоких широтах // Геофизические процессы и биосфера. 2005. Т. 4, № 1/2. С. 44–52.
6. Медико-биологические исследования на Шпицбергене как действенный подход для изучения биоэффективности космической погоды / Н. К. Белишева [и др.] // Вестник Кольского научного центра РАН. 2010. № 1. С. 26–33.
7. Белишева Н. К., Петров В. Н. Проблема здоровья населения в свете реализации стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации // Труды Кольского научного центра РАН. Апатиты: КНЦ РАН, 2013. Вып. 4. С. 1.
8. Вклад техногенных и природных источников ионизирующего излучения в структуру заболеваемости населения Мурманской области / Н. К. Белишева [и др.] // Вестник Кольского научного центра РАН. 2013. № 4. С. 9–28.
9. Белишева Н. К. Вклад высокоширотных гелиогеофизических агентов в заболеваемость населения Евро-Арктического региона // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2014. № 2(48). С. 5–11.
10. Состояние и охрана окружающей среды Мурманской области. 1999 г.: докл. Гос. комитета по охране окружающей среды Мурманской области. URL: <http://www.murman.ru/ecology/comitet/report99/index.html>
11. Радионуклиды на Кольском полуострове, Новой Земле, Земле Франца-Иосифа и в Баренцевом море: препринт / Г. Г. Матишов [и др.] / Кольский научный центр РАН. 1992. 68 с.
12. Михайлов А. Обстановка в Мурманской области по материалам аэрогамма-спектрометрической съемки 1990–1991 годов // Советский Мурман. 1992. 27 февр.
13. Подобедов В. Как ярко «светится» лишайник? // Полярная правда. 1992. № 73. 15 апр.
14. Возрастные особенности variability сердечного ритма у детей в условиях Евро-Арктического региона / Н. К. Белишева [и др.] // Физиология человека. 2016. Т. 42, № 2. С. 49–62.
15. Голованова О. А. Биоминералогия мочевых, желчных, зубных и слюнных камней из органов человека: дис. ... д. г.-м. н. Томск, 2009.
16. Каткова В. И. Водорастворимые кристаллы в составе мочекислого уrolита // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2013. № 8. С. 10–12.
18. Пальчик Н. А., Столповская В. Н. Минералы внутри нас // Вестник РФФИ. 1998. № 4. С. 61–65.
19. Панин Л. Е. Изменения обмена витаминов, солей и микроэлементов / Л. Е. Панин // Механизмы адаптации человека в условиях высоких широт / под ред. В. П. Казначеева. Л., 1980. С. 80–108.
20. Полиенко А. К., Севостьянова О. А. Биологическая минералогия и урология: области совместных исследований // Вестник науки Сибири. 2012. № 4 (5). С. 17–22.
21. Пытель А. Я., Шубладзе И. В. О географической распространенности мочекаменной болезни на земном шаре // Урология и нефрология. 1966. № 5. С. 24–34.
22. Скальный А. В. Микроэлементозы и экологическая ситуация // Экология и жизнь. 1999. № 2. С. 67–69.
23. Юшкин Н. П. Биоминеральные взаимодействия. М.: Наука, 2002. 60 с.
24. Заболеваемость населения Мурманской области 2006–2010 годы: стат. сб. / Комитет по здравоохранению Мурманской обл.: Мурманский областной медицинский информационно-аналитический центр. Мурманск, 2011. 216 с.
25. Мягкова И. Н. Геоэффективность солнечной активности и космическая погода. URL: http://lib.sinp.msu.ru/static/tutorials/01_textbook/index-1085.htm.

Сведения об авторах

Белишева Наталья Константиновна — доктор биологических наук, заместитель директора по науке НИЦ Медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН, чл.-корр. МАНЭБ

E-mail: natalybelisheva@mail.ru

Мегорский Владимир Владимирович — кандидат медицинских наук, директор НИЦ Медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН

E-mail: rdchaa@medknc.ru

Author Affiliation

Natalia K. Belisheva — Doctor of Sciences (Bio), Deputy Science Director of the Research Centre for Human Adaptation in the Arctic — Branch of the Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Science"; Corresponding Member of International Academy of Ecology and Life Protection Sciences

E-mail: natalybelisheva@mail.ru

Vladimir V. Megorsky — PhD (Medical), Director of the Research Center for Human Adaptation in the Arctic — Branch of the Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Science"

E-mail: rdchaa@medknc.ru

Библиографическое описание статьи

Белишева, Н. К. Заболееваемость населения в Заполярье, обусловленная особенностями минерального обмена при высокой неоднородности природной и техногенной среды / *Н. К. Белишева, В. В. Мегорский* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 4 (9). — С. 5–21.

Reference

Belisheva Natalia K., Megorsky Vladimir V. Morbidity of the Population in the Arctic, Determined by the Peculiarities of Mineral Metabolism under High Inhomogeneity of the Natural and Technogenic Environment. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 5–21. (In Russ.).

УДК 57.045

АРХИПЕЛАГ ШПИЦБЕРГЕН — ПОЛИГОН ДЛЯ АНАЛОГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОСМОФИЗИЧЕСКИХ АГЕНТОВ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Н. К. Белишева, С. В. Пряничников, Н. Л. Соловьевская, В. В. Мегорский
ФГБУН Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН (НИЦ МБП КНЦ РАН)

Аннотация

В работе представлены данные проведенных на арх. Шпицберген исследований по «изучению медико-биологических эффектов высокоширотного экстремального воздействия геокосмических агентов на организм человека в условиях арх. Шпицберген». Мониторинг ежесуточного психоэмоционального состояния волонтеров с оценкой самочувствия, активности, настроения (САН), а также ситуативной и личностной тревожности (СТ и ЛТ) показал, что при снижении плотности потока протонов с энергиями более 10 МэВ ситуативная тревожность может возрастать, а настроение снижаться. Использование метода газоразрядной визуализации (ГРВ) свечения вблизи поверхности кончиков пальцев рук параллельно с методами психоэмоционального тестирования показало, что уровень ситуативной тревожности и настроения находит свое отражение в характеристиках ГРВ-грамм. Показано, что и результаты психоэмоционального тестирования, и данные, полученные с применением метода ГРВ, находят параллельное отражение в характере связи с космофизическими агентами. Полученные итоги свидетельствуют о высокой степени сопряженности психоэмоционального состояния человека на арх. Шпицберген с вариациями параметров межпланетной среды. В силу своей близости к космическому пространству, архипелаг может служить своеобразным «полигоном» для аналоговых экспериментов, позволяющих приблизиться к пониманию механизмов воздействия космофизических агентов на психоэмоциональное состояние человека в наземных и космических условиях.

Ключевые слова:

арх. Шпицберген, психоэмоциональное состояние, газоразрядная визуализация, космофизические агенты, полигон.

SVALBARD IS A TESTING AREA FOR ANALOG AEROSPACE RESEARCH OF THE IMPACT OF COSMOPHYSICAL AGENTS ON HUMAN ORGANISM

Natalia K. Belisheva, Sergey V. Prianichnikov, Natalia L. Solovyevskaya, Vladimir V. Megorsky

Research Centre for Human Adaptation in the Arctic — Branch of the Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Science"

Abstract

The paper presents the data of studies conducted on Svalbard on "the study of the medical-biological effects of high-latitude extreme effects of geocosmic agents on the human body in conditions of the arch. Spitsbergen". Monitoring of the daily psycho-emotional state of volunteers with assessment of health, activity, mood (SAN), as well as situational and personal anxiety (CT and LT) showed that with a decrease in the proton flux density with energies > 10 MeV, situational anxiety can increase and mood decrease. Using the method of gas-discharge imaging (GDV) glow near the surface of the fingertips in parallel with the methods of psycho-emotional testing showed that the level of situational anxiety and mood is reflected in the characteristics of GDV-grammes. It has been shown that both the results of psycho-emotional testing and the results obtained using the GDV method find parallel reflection in the nature of the connection with cosmophysical agents. The obtained results indicate a high degree of conjugation of the psycho-emotional state of the human body on Svalbard with variations in the parameters of the interplanetary medium. Because of its proximity to outer space, Svalbard can serve as a kind of "testing ground" for analog experiments that allow us to come closer to understanding the mechanisms of the impact of cosmophysical agents on the psycho-emotional state of a person under terrestrial and cosmic conditions.

Keywords:

Svalbard, psycho-emotional state, gas-discharge visualization, cosmophysical agents, testing area.

Введение

Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года, утвержденная Президентом Российской Федерации В. В. Путиным 19 сентября 2017 г., и Стратегия российского присутствия на архипелаге Шпицберген до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства РФ 2 сентября 2014 г., предполагают проведение исследований, нацеленных на повышение устойчивости организма человека к экстремальным арктическим условиям, что будет способствовать высокой эффективности в их реализации.

Уникальность экстремальных воздействий арктической среды на здоровье человека на арх. Шпицберген обусловлена его местонахождением в области каспа — своеобразной воронки на дневной стороне магнитосферы, куда, при определенных условиях, может прорываться мощными плазменными струями солнечный ветер (СВ) [1]. Беспрепятственное вторжение солнечных частиц в области каспа приводит к множественным геофизическим явлениям, отражающимся в структурно-энергетических характеристиках вариаций геомагнитного поля (ГМП). В спокойный период в области полярного дневного каспа постоянно регистрируются потоки электронов с энергией 100–200 эВ и плотностью частиц 10^{-2} – 10^{-3} см², которые проникают в магнитосферу из СВ и распространяются вплоть до высот порядка 1000 км. Потоки этих частиц генерируют очень низкочастотный шум (ОНЧ) в широком диапазоне частот [2]. Взаимодействие СВ с магнитосферой Земли порождает и геомагнитные пульсации (ГП), частота колебаний которых лежит в диапазоне низкочастотных биологических ритмов [3]. Геомагнитные пульсации характеризуются квазипериодической структурой с диапазоном частот от тысячных долей герца до нескольких герц. Верхняя частота пульсаций определяется гирочастотой протонов в магнитосфере, на земной поверхности это соответствует частотному диапазону порядка 3–5 Гц, которому соответствуют диапазоны дельта- и тетаритмов мозга человека. К дневным пульсациям относятся также широкополосные иррегулярные пульсации диапазона Pc5 ($f \sim 1,5$ – $5,0$ мГц) с амплитудой порядка 15–60 нТл, $ipcl$ [4–6]. Частота таких пульсаций соответствует сверхмедленным ритмам мозга [7]. Эти колебания носят устойчивый характер и продолжаются в зависимости от уровня геомагнитной возмущенности от 2 до 10 часов. Длиннопериодные квазипериодические магнитные возмущения с периодами 15–40 мин и амплитудой порядка 60–400 нТл, названные vlp (very long period), возникают при высокой магнитной активности, большой скорости солнечного ветра и отрицательных V_z межпланетного магнитного поля (ММП) на земной поверхности в дневном секторе [5, 6]. Сверхмедленные ритмы мозга включают периоды 2–3, 4–6, 7–14, 15–30, 31–59 мин, т. е. соответствуют длиннопериодным колебаниям ГМП. В вечернее и ночное время возможно появление импульсных всплесков геомагнитных пульсаций диапазона $Pi2$ – $Pi3$, а в дневном секторе — появление квазимонохроматических шумовых колебаний в диапазоне Pc3–4. Часть из наблюдаемых колебаний может быть результатом прямого проникновения гидромагнитных волн из СВ. Широтной особенностью обладают и устойчивые геомагнитные пульсации типа Pc2–Pc5, амплитуда которых растет с широтой [4–6].

Принципиальная возможность воздействия вариаций естественных электромагнитных полей (ЭМП) на функциональное состояние головного мозга определяется следующим:

1) центральная нервная система осуществляет неспецифическую адаптацию к меняющимся условиям среды, при этом кора головного мозга играет роль посредника между внешней средой и внутренними событиями в организме, она первой среди других систем реагирует на магнитные поля;

2) подпороговые слабые раздражители, к которым можно причислить естественные ЭМП, могут суммироваться, меняя функциональную активность нервной системы;

3) частотный диапазон ритмов мозга, включая сверхмедленный ритм (0,003–0,02 Гц),

соответствует частотному диапазону вариаций ГМП, что предполагает возможность модуляции этих ритмов естественными ЭМП.

В наших исследованиях была выявлена связь между структурно-энергетическими характеристиками вариаций ГМП и функциональной активностью мозга [8], характеристиками солнечной активности (СА), возмущенностью межпланетной среды и психоэмоциональным состоянием больных бронхиальной астмой и здоровых волонтеров [9–11], вариациями СА и ГМП и заболеваемостью жителей российских поселков на арх. Шпицберген [12]. Кроме того, сопряженные исследования геомагнитной активности и амплитудно-частотного диапазона ритмов мозга, оцененных на основе электроэнцефалограмм (ЭЭГ) здоровых испытуемых, показали, что при возмущениях геомагнитного поля происходят амплитудно-частотные и пространственно-временные перестройки биоэлектрической активности мозга человека [13, 14]. Следствием воздействия вариаций ГМП на функциональное состояние мозга могут быть комбинированные резонансы и десинхронизация, проявляющиеся в широком спектре психических феноменов: психопатических и истероидных реакциях, депрессии и возбуждении, состоянии измененного сознания и др. [9].

Предварительные результаты оценки влияния СА на психическое состояние жителей российских поселков показали, что психоэмоциональное состояние жителей арх. Шпицберген в определенной мере зависит от состояния межпланетной среды, определяющей характер взаимодействия СВ с магнитосферой и дальнейшие процессы, связанные с колебаниями электромагнитных полей у поверхности Земли [15].

Трагедия, связанная с гибелью вертолета на арх. Шпицберген 26 октября 2017 г., по одной из версий ИА «Интерфакс», могла быть вызвана некорректными действиями пилотов «Москва». «Некорректные действия пилотов в сложных метеоусловиях могли спровоцировать катастрофу вертолета Ми-8 у побережья Шпицбергена, — сообщил «Интерфаксу» источник в международных службах авиационного поиска и спасения». Источник не исключил, что пилоты могли столкнуться с соматофавической иллюзией (потерей пространственного положения) либо с другим психологическим явлением, которое побудило совершить некорректные действия в воздухе.

Нарушения пространственной ориентировки (НПО) могут происходить по разным причинам, которые включают в себя расстройства ряда сенсорных и перцептивных систем, а также интеллектуальных и двигательных функций пилота. Источником большинства иллюзий пространственного положения являются ошибочная интерпретация психикой пилота зрительных, вестибулярных и телесных сигналов-раздражителей. Когнитивные нарушения, главным образом в форме утраты ситуационной осмотрительности, могут прокладывать дорогу НПО, тогда как возникновение двигательного конфликта между системами корковой (произвольной) и подкорковой (непроизвольно-рефлекторной) регуляции движений может привести к развитию наиболее грозной формы НПО с полной и внезапной утратой работоспособности пилота [16].

Вместе с тем, определенный вклад в конечный результат принятия решений может вносить психическое состояние человека, возникающее в результате объективных причин, связанных с воздействием космофизических агентов, способных существенно изменять состояние психоэмоциональной и когнитивной сферы [8–15]. Местоположение арх. Шпицбергена является уникальной возможностью для изучения психических феноменов космофизических агентов в силу исключительной его близости к космическому пространству. Можно условно рассматривать арх. Шпицберген как «мезокосмос», где эффекты воздействия «космической погоды» на психофизиологическое состояние организма человека проявляются в экстремальной форме, а жители пос. Баренцбург представляют своеобразный «экипаж мезокосмического корабля», пребывающий длительное время в изоляции и подвергающийся электромагнитным и корпускулярным «атакам» со стороны космического пространства. Отсюда арх. Шпицберген и, в частности, пос. Баренцбург могут служить своеобразным «полигоном» для аналоговых экспериментов и исследований, а также для апробации и внедрения новых методов коррекции состояния здоровья жителей арктических территорий.

Целью исследований, проводимых на арх. Шпицберген сотрудниками НИЦ МБП КНЦ РАН совместно с коллегами из Санкт-Петербурга (ФГБУН Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова РАН) и Архангельска (ФГБУН ФИЦКИА Арктики РАН), являлось изучение медико-биологических эффектов высокоширотного экстремального воздействия геокосмических агентов на организм человека в условиях арх. Шпицберген.

В данной работе представлены результаты, отражающие воздействие космофизических агентов на текущее психоэмоциональное состояние волонтеров, принявших участие в исследованиях.

Частные задачи включали:

- проведение ежесуточного мониторинга психоэмоционального состояния волонтеров;
- оценку возможности метода газоразрядной визуализации объектов детектировать психоэмоциональное состояние человека, а также отражать воздействие на психоэмоциональную сферу космофизических агентов;
- оценку степени сопряженности результатов, полученных разными методами с космофизическими агентами.

Материалы и методы

В исследовании, предполагающем ежесуточную оценку психоэмоционального состояния, приняли участие 11 человек. Все испытуемые были ознакомлены с целью и условиями эксперимента и дали свое согласие на участие в исследованиях.

Тестирование психоэмоционального состояния по критерию уровня ситуативной (СТ) и личностной тревожности (ЛТ), оценке самочувствия (С), активности (А), настроения (Н) проводилось в течение периода с 25 июля по 11 августа 2017 г. Уровни СТ и ЛТ оценивали в соответствии с методикой Ч. Д. Спилбергера — Ю. Л. Ханина, которая позволяет сделать существенные уточнения о качестве интегральной самооценки личности: является ли нестабильность этой самооценки ситуативной или постоянной, то есть личностной. Результаты оцениваются в следующих градациях: до 30 баллов — низкая; 31–45 — средняя; больше 46 — высокая тревожность [17].

ГРВ-детекция осуществлялась с применением импульсного анализатора «ГРВ-компакт» ЕЮУИ 941 0204 00 00ТУ, серийный выпуск, ООО «Биотехпрогресс», сертификат соответствия ПРООС RU.MH05.H00725, N 0490215. При использовании ГРВ-метода основой анализа является «снимок» свечения, возникающего вблизи поверхности пальцев рук, так называемые ГРВ-граммы [18–19]. Полученные ГРВ-граммы обрабатывались с применением программы GDV Energy Field*, которая преобразует ГРВ-граммы в такие показатели свечения, как значения площади (S), коэффициента формы (Kf), энтропии (E) и симметрии (C), представленные в трех проекциях: правой (r), фронтальной (f), левой (l), а также средним показателем по трем проекциям. Симметрия представлена только во фронтальной проекции. Съемка ГРВ осуществлялась в режимах регистрации ГРВ-грамм пальцев рук «без фильтра» (Sr, Sf, Sl, S, Er, Ef, El, E, Kr, Kf, Kl, K, C) и «с фильтром» (Sr2, Sf2, Sl2, S2, Er2, Ef2, El2, E2, Kr2, Kf2, Kl2, K2, C2). На ГРВ-граммах «без фильтра» отражается интегральная характеристика состояния организма, определяемая существенным вкладом в нее центральной и автономной нервной системами, то есть текущий ситуативный уровень адаптации к комплексному воздействию окружающей среды. Применение фильтра позволяет отсекают вклад автономной нервной системы в характеристику показателей ГРВ-грамм, тем самым показывая базисные характеристики функционального состояния организма. Показатель площади (S) ГРВ-грамм необходимо рассматривать совместно с другими показателями ГРВ, а также проводить дифференциальную диагностику с вариантом «псевдонормы» (критерий О. В. Сорокина), которая в сочетании с высокой интенсивностью свечения и высоким коэффициентом формы служит индикатором внутреннего напряжения. Индикатор энтропии (E) характеризует степень сбалансированности физиологических функций, когда в случае снижения согласованности

* URL: <http://www.ktispb.ru/en/gdvsoft.htm>.

физиологических процессов показатель энтропии возрастает. Коэффициент формы (K_f) отражает многоконтурность физиологической регуляции, когда возрастанию числа систем, включенных в процесс регуляции, соответствует возрастание величины K_f [20].

Геофизические агенты отражали среднесуточные показатели, характеризующие солнечную активность (СА), состояние межпланетного магнитного поля (ММП), скорости и вариабельности солнечного ветра, наземные индексы геомагнитной активности (ГМА) и др. [21]. Данные по вариациям космических лучей (КЛ) у поверхности и расчетные плотности потоков КЛ в околоземном пространстве были получены в лаборатории космических лучей Полярного геофизического института РАН (г. Апатиты, Мурманской обл.). Корреляционный анализ проводили с использованием пакета программ STATISTICA 10.0. Коэффициенты корреляции считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Индивидуальная оценка связи показателей психоэмоционального состояния с вариациями космофизических агентов выявила, что практически у всех волонтеров, участвовавших в исследованиях, психоэмоциональное состояние сопряжено с вариациями космофизических агентов. Оказалось, что состояние ситуативной тревожности зависит, с одной стороны, от характеристик солнечного ветра (плотность протонов, скорость и вариабельность скорости и плотности частиц в солнечном ветре), энергетического спектра протонов в солнечном ветре, а также от других динамических свойств межпланетной среды, ассоциированных с солнечной активностью, с другой стороны, от направления векторов, их вариабельности и напряженности межпланетного магнитного поля (ММП), солнечной активности, выраженной через интенсивность радиоизлучения Солнца с длиной волны 10,7 см. Личностная тревожность также оказалась ассоциированной с различными параметрами межпланетной среды (МПС) и их вариабельностью, однако знаки связи СТ и ЛТ у одних и тех же испытуемых с одними и теми же параметрами состояния МПС могли иметь противоположную направленность. В целом оказалось, что у 54,5 % испытуемых уровень СТ модулируется преимущественно вариабельностью потоков солнечного ветра, однако уровень ЛТ у 90 % испытуемых сопряжен с вариациями состояния межпланетной среды. Это значит, что психоэмоциональное состояние подавляющего числа проживающих на арх. Шпицберген зависит от динамических свойств межпланетной среды, детерминированных характером солнечной активности (СА).

Оценка возможностей метода газоразрядной визуализации для детекции воздействия космофизических агентов на организм человека показала, что такие характеристики свечения, как проекция площади (S_r , S_f , S_l , S), а также коэффициент формы (K_r , K_f , K_l , K) наиболее чувствительны к вариациям космофизических агентов. На рис. 1, а и б, показана связь среднесуточных значений проекции площади свечения (без фильтра), полученных на основе оценки ГРВ-грамм в группе испытуемых, со среднесуточными значениями потока протонов с энергиями более 10 МэВ (рис. 1, а). На рис. 1, б можно видеть сопряженность динамики среднесуточных значений фронтальной проекции энтропии (без фильтра) и вариаций интенсивности скорости счета нейтронного монитора, отражающей интенсивность вторичных космических лучей (КЛ) у поверхности Земли.

Коэффициенты корреляции между среднесуточными значениями правой, фронтальной и левой проекциями площади (S_r , S_f , S_l) и среднесуточной плотностью потока протонов составляют $r = -0,80$, $r = -0,83$, $r = -0,84$, $p < 0,05$ соответственно. Коэффициенты корреляции между среднесуточными значениями правой, фронтальной и левой проекциями энтропии (E_r , E_f , E_l) составляют $r = 0,51$, $r = 0,48$, $r = 0,58$, $p < 0,05$ соответственно. Эти результаты свидетельствуют о том, что характеристики свечения, возникающего вблизи поверхности пальцев рук, в определенной мере зависят от внешнего физико-химического воздействия на организм космофизических агентов. Воздействие космофизических агентов может влиять на скорость протекающих в организме процессов, что, вероятно, и находит отражение в сопряженности динамики среднесуточных характеристик свечения с вариациями космогеофизических агентов.

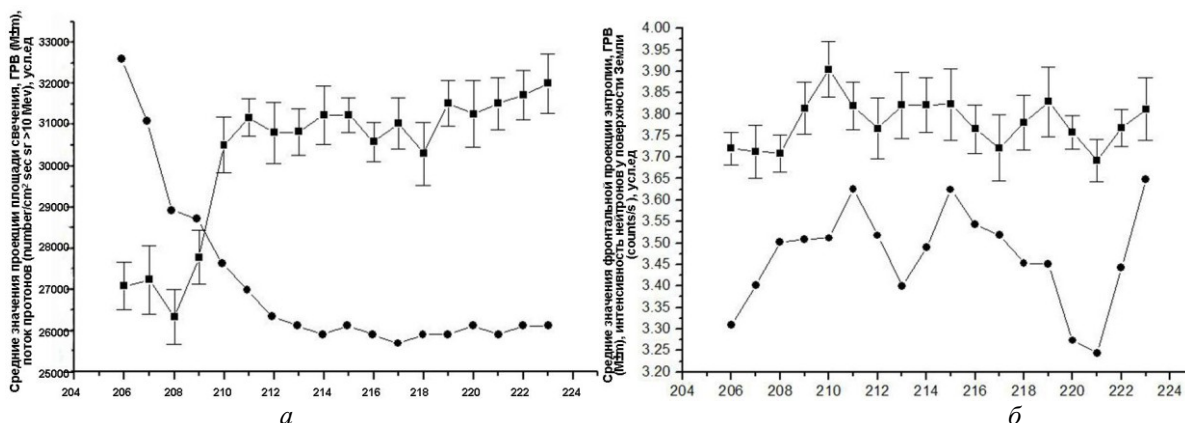


Рис. 1. Сравнение динамики среднесуточных значений параметров ГРВ-грамм с вариациями космофизических агентов:

a — проекция среднесуточных значений площади свечения (без фильтра) и среднесуточных вариаций плотности потока частиц с энергиями более 10 МэВ; *б* — среднесуточные значения фронтальной проекции энтропии (без фильтра) и среднесуточные вариации скорости счета нейтронного монитора.

По оси абсцисс — дни года (25 июля — 11 августа 2017 г., по оси ординат — значения площади ($M \pm m$), поток протонов ($\text{number}/\text{cm}^2 \text{ sec sr} > 10\text{MeV}$), усл. ед.

Наши исследования на арх. Шпицберген позволили обнаружить связь между психоэмоциональным состоянием организма, отраженным в характеристиках ГРВ-грамм, и вариациями около- и наземных агентов, ассоциированных с СА (рис. 2).

На рис. 2, *a* и *б*, можно видеть различный характер связи таких психоэмоциональных состояний, как ситуативная тревожность (СТ) и настроение (Н), с характеристиками ГРВ-грамм и вариациями плотности потоков протонов с энергиями более 10 МэВ.

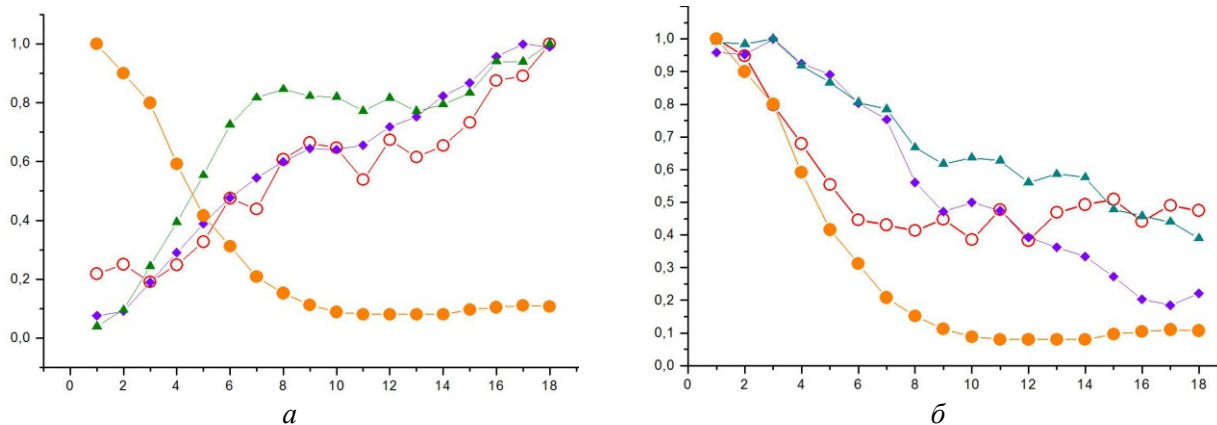


Рис. 2. Динамика психоэмоционального состояния, выраженного через ситуативную тревожность (СТ) и настроение (Н) и сопряженного с характеристиками свечения (ГРВ-грамм) и вариациями плотности протонов в околоземном пространстве с энергиями более 10 МэВ:

a — красная кривая — среднесуточные значения уровня СТ; синяя и темно-зеленая кривые — среднесуточные значения проекции площади свечения (Sr) без фильтра и с фильтром соответственно;

б — красная кривая — среднесуточные значения настроения (Н), синяя и темно-зеленая кривые — среднесуточные значения проекции коэффициента формы (Kr) с фильтром и без фильтра соответственно; оранжевая кривая (*a, б*) — среднесуточные значения плотности потока протонов с энергиями более 10 МэВ (поток протонов — $\text{number}/\text{cm}^2 \text{ sec sr}$), усл. ед. По оси абсцисс — дни года (25 июля — 11 августа 2017 г.); по оси ординат — сглаженные по 5 точкам значения кривых с последующим их нормированием

Коэффициенты корреляции между значениями сглаженных кривых ситуативной тревожности, проекциями площади свечения (Sr) без фильтра и с фильтром, значениями потока протонов с энергиями более 10 МэВ составляют $r = 0,96$, $r = 0,88$, $r = -0,82$, $p < 0,05$ соответственно. Коэффициенты корреляции между значениями сглаженных кривых настроения,

проекциями коэффициента формы (Kr) без фильтра и с фильтром, значениями плотности потока протонов с энергиями более 10 МэВ составляют $r=0,68$, $r=0,74$, $r=0,95$, $p < 0,05$ соответственно.

Полученные результаты показывают, что при снижении плотности потока протонов с энергиями более 10 МэВ ситуативная тревожность возрастает, а настроение снижается, что находит свое отражение в характеристиках ГРВ-грамм. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о высокой степени сопряженности психоэмоционального состояния организма человека на арх. Шпицберген с вариациями параметров межпланетной среды. Обнаружено, что при изменении энергетических спектров потоков частиц в солнечном ветре может возрастать ситуативная тревожность как показатель возможных нежелательных психоэмоциональных состояний, ведущих к неадекватным действиям при решении, в частности, ответственных задач. Однако этот вопрос требует дальнейшего исследования, которое направлено на выявление особенностей энергетического спектра потока протонов в солнечном ветре, ведущего к возрастанию ситуативной тревожности у жителей арх. Шпицберген.

В данном исследовании, проведенном на арх. Шпицберген, отражена лишь незначительная часть полученного материала. Вместе с тем, можно утверждать, что представленные результаты имеют приоритетный характер, поскольку дают основу для разработки нового метода диагностики состояния тревожности с применением газоразрядной визуализации свечения вблизи поверхности пальцев рук, а также оценки биоэффективных параметров межпланетной среды. Проведение сопряженных между собой исследований на медико-биологическом полигоне (арх. Шпицберген) и на космических станциях могло бы внести определенный вклад в понимание механизмов воздействия космофизических агентов на психоэмоциональное состояние человека.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность генеральному директору ООО «БИОТЕХПРОГРЕСС» Роману Рагимовичу Юсубову и заместителю генерального директора Елене Яновской за предоставление камеры ГРВ-контакт с обновленным программным обеспечением для работы на Шпицбергене и за возможность открытого обсуждения полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Савин С. П.* Магнитный щит Земли: плазменные бреши. URL: <http://www.kosmofizika.ru/popular/savin.htm>
2. О природе электромагнитного излучения низкой частоты в полярной шапке / *Ю. В. Голиков [и др.]* // Письма в ЖЭТФ. 1975. Т. 22, вып. 1. С. 3–7.
3. Космические ритмы: в магнитосфере, атмосфере, в среде обитания, в биосфере, ноосфере, земной коре / *Б. М. Владимирский [и др.]*; под ред. проф. *С. Э. Шноля*. Симферополь, 1994. 173 с.
4. Длиннопериодные геомагнитные пульсации в высокоширотных магнитосопреженных областях / *О. В. Большакова [и др.]* // Геомагнетизм и аэрономия. 1986. Т. 26, № 1. С. 160–162.
5. Два типа длиннопериодных геомагнитных пульсаций вблизи экваториальной границы дневного полярного каспа / *Н. Г. Клейменова [и др.]* // Геомагнетизм и аэрономия. 1985. Т. 25, № 1. С. 163–165.
6. Длиннопериодные геомагнитные пульсации в квазисопреженных областях Арктики и Антарктики в магнитную бурю 16–17 апреля 1999 г. / *О. В. Козырева [и др.]* // Геомагнетизм и аэрономия. 2006. Т. 46, № 5. С. 657–670.
7. *Аладжолова Н. А.* Психофизиологические аспекты сверхмедленной ритмической активности головного мозга. М., 1979. № 2. 214 с.
8. Качественная и количественная оценка воздействия вариаций геомагнитного поля на функциональное состояние мозга человека / *Н. К. Белишева [и др.]* // Биофизика. 1995. Вып. 5. С. 1005–1012.
9. *Белишева Н. К., Качанова Т. Л.* Глобальная модуляция психоэмоционального состояния человека геокосмическими агентами // VII Экология и развитие Северо-Запада России: сб. науч. докл. Междунар. конф. 2–7 августа 2002 г. СПб., 2002. С. 110–118.
10. *Мицукоев А. С., Белишева Н. К.* Экстраполяция наземных данных по сопряженности вариаций гелиогеофизических агентов с психофизиологическим состоянием человека в условиях Арктики на космические полеты // Авиакосмическая и экологическая медицина (спецвып.). 2016. Т. 50, № 5. С. 150–151.
11. Психофизиологические эффекты гелиогеомагнитных и метеотропных явлений у лиц, проживающих в высоких широтах / *В. П. Рожков [и др.]* // Физиология человека. 2014. Т. 40, № 4. С. 51–64.
12. Медико-биологические исследования на Шпицбергене как действенный подход для изучения биоэффективности космической погоды / *Н. К. Белишева [и др.]* // Вестник Кольского научного центра РАН. 2010. № 1. С. 26–33.
13. Амплитудно-частотные и пространственно-временные перестройки биоэлектрической активности мозга человека при сильных возмущениях геомагнитной активности / *С. И. Сороко [и др.]* // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2013. № 4. С. 111–122.
14. Оценка влияния геомагнитной и солнечной активности на биоэлектрические процессы мозга человека с помощью структурной функции / *В. П. Рожков [и др.]* // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. 2016. Т. 102, № 12. С. 1479–1494.
15. *Белишева Н. К.*

Шпицберген — полигон для изучения психических эффектов космической погоды // Солнечная и солнечно-земная физика — 2014: тр. Всерос. ежегод. конф. с междунар. участием (20–24 октября 2014 года, ГАО РАН, Санкт-Петербург) / отв. ред. А. В. Степанов и Ю. А. Наговицын // Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН. 2014. С. 43–46. **16.** Малинин И. Испытание на мастерство // Авианорама. 2003. URL: http://aviapanorama.narod.ru/journal/2003_3/illuzia.htm. **17.** Елусеев О. П. Практикум по психологии личности: 2-е изд., испр. и перераб. СПб.: Питер, 2002. 512 с. **18.** Ignatov I. Mosin O. Kirlian Effect in Modeling of Non-Equilibrium Conditions With the Gas Electric Discharge, Simulating Primary Atmosphere // Nanotechnology Res. and Practice. 2014. Vol. 3, No. 3. P. 127–140. **19.** Kobayashi M. Modern technology on physical analysis of biophoton emission and its potential extracting the physiological information // Energy and Information Transfer in Biological Systems Downloaded from www.worldscientific.com by NANYANG TECHNOLOGICAL UNIVERSITY on 08/24/15. For personal use only. 2015. P.157-187. **20.** Перспективы применения метода газоразрядной визуализации в оценке состояния организма человека при критических состояниях / Ю. С. Полушин [и др.] // Наука. Информатика. Сознание: материалы VIII Междунар. конгресса. СПб., 2004. С. 103. **21.** Space Physics Data Facility. URL: <https://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/>.

Сведения об авторах

Белишева Наталья Константиновна — доктор биологических наук, заместитель директора по науке НИЦ Медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН, чл.-корр. МАНЭБ

E-mail: natalybelisheva@mail.ru

Пряничников Сергей Васильевич — инженер-исследователь НИЦ Медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН

E-mail: prjanik.75@mail.ru

Соловьевская Наталья Леонидовна — младший научный сотрудник НИЦ Медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН

E-mail: silva189@mail.ru

Мегорский Владимир Владимирович — кандидат медицинских наук, директор НИЦ Медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН

E-mail: rdchaa@medknc.ru

Author Affiliation

Natalia K. Belisheva — Doctor of Sciences (Bio), Deputy Science Director of the Research Centre for Human Adaptation in the Arctic — Branch of the Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Science"; Corresponding Member of International Academy of Ecology and Life Protection Sciences

E-mail: natalybelisheva@mail.ru

Sergey V. Pryanichnikov — Research Engineer of the Research Centre for Human Adaptation in the Arctic — Branch of the Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Science"; Corresponding Member of International Academy of Ecology and Life Protection Sciences

E-mail: prjanik.75@mail.ru

Natalia L. Solovyevskaya — Junior Researcher of the Research Centre for Human Adaptation in the Arctic — Branch of the Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Science"; Corresponding Member of International Academy of Ecology and Life Protection Sciences

E-mail: silva189@mail.ru

Vladimir V. Megorsky — PhD (Medical), Director of the Research Center for Human Adaptation in the Arctic — Branch of the Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Science"

E-mail: rdchaa@medknc.ru

Библиографическое описание статьи

Белишева, Н. К. Архипелаг Шпицберген — полигон для аналоговых исследований воздействия космофизических агентов на организм человека / *Н. К. Белишева [и др.]* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 4 (9). — С. 22–29.

Reference

Belisheva Natalia K., Pryanichnikov Sergey V., Solovyevskaya Natalia L., Megorsky Vladimir V. Svalbard is a Testing Area for Analog Aerospace Research of the Impact of Cosmophysical Agents on Human Organism. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 22–29. (In Russ.).

УДК 616.314 – 74 + 543.42 + 543.51

**МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ СТОМАТОЛОГИЯ
КАК МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ ОБЛАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ:
АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДИКИ И ПОДХОДЫ,
РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ***

С. Л. Вотяков¹, Д. В. Киселева¹, Ю. В. Мандра²

¹ФГБУН Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург

²ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет», г. Екатеринбург

Аннотация

На стыке фундаментальной стоматологии и биоминералогии сформировалось новое междисциплинарное научное направление — минералогическая стоматология. В центре ее внимания стоят исследования твердых тканей зуба человека, реставрационных материалов, конструкций, зон гибридизации с использованием приемов и подходов, наработанных в биоминералогии и основанных на применении современных аналитических методик. Сформулированы цели и задачи минералогической стоматологии, намечены перспективы ее развития, в частности, в области анализа карт распределения на поверхности или в объеме (микро)объекта химических элементов, молекулярных группировок, а также разнообразных структурных нарушений и дефектов регулярной структуры кристаллического материала.

Ключевые слова:

минералогическая стоматология, биоминералогия, зубная ткань.

**MINERALOGICAL STOMATOLOGY AS AN INTERDISCIPLINARY RESEARCH AREA:
ANALYTICAL METHODS AND APPROACHES, RECENT RESULTS AND DEVELOPMENT PROSPECTS**

Sergei L. Votyakov¹, Daria V. Kiseleva¹, Yulia V. Mandra²

¹Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg

²Ural State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Yekaterinburg

Abstract

New interdisciplinary scientific field of mineralogical stomatology has been developed at the interface of dental medicine and biomineralogy. This discipline is focused on studies of human hard dental tissues, restoration materials, dental prosthetics and zones of interaction (hybridization) using techniques and approaches developed in biomineralogy and based on the application of modern analytical techniques. The results of systematic physical and chemical studies of tooth tissues (intact and with various pathologies) have been considered, including studies carried out by the Ural School in the material science field of dental attrition (phase and chemical composition, structure, mechanical properties, etc.), disease development mechanisms, practical application of results during dental restoration, etc. The publications of the international authors have been reviewed, especially those concerned with: the application of local methods of investigation of dental tissues and mapping of their properties; the peculiarities of lattice parameter spatial distribution of enamel hydroxyapatite; research on the distribution of essential and toxic trace elements, carbonate-ions, degree of crystallinity and collagen content through various structural zones of dental tissues.

Keywords:

medical stomatology, biomineralogy, dental tissues.

*Работа выполнена в рамках научной школы НШ-9723.2016.5 «Биоминеральные образования: развитие методов материаловедческих исследований, приложения в фундаментальной медицине и науках о Земле» в ЦКП УрО РАН «Геоаналитик».



В последнее время на стыке материаловедения биоминерального вещества и стоматологии формируется новое междисциплинарное научное направление — минералогическая стоматология [1], в рамках которого проводятся исследования твердых тканей зуба человека, реставрационных

материалов, конструкций, зон взаимодействия (гибридизации) с использованием современных аналитических методик, приемов и подходов, наработанных в смежных естественно-научных дисциплинах — биоминералогии и биогеохимии, в том числе изотопной.

Материал и методики исследования

Отличительной чертой твердых тканей зуба человека является гетерогенность и иерархичность строения как результат физиогенного биоминералообразования в его организме. Вследствие этого для прогнозирования и профилактики патологических процессов в ткани, восстановления ее структуры и свойств необходима информация о ее гетерогенном строении — пространственном распределении структурно образующих элементов и микропримесей, типе и дефектности минеральных и органических составляющих зубной ткани, об их взаимодействии с реставрационными и конструкционными стоматологическими материалами.

Современные стоматологические материалы (композиты и композитные цементы, керамика, стеклоиономерные цементы и др.) также имеют сложный химический состав и отдаленное биомиметическое соответствие естественным тканям зуба. Для описания (контроля) свойств материалов с развитой композитной, иерархической структурой, сложным фазовым и химическим составом необходимо применение комплексного аналитического подхода, дающего информацию во всем диапазоне масштабов — от атомного до макроскопического — и включающего:

- качественный (в последнее время и полуколичественный) анализ изображения (imaging) объекта (микрообъекта), полученного с использованием различных видов микроскопии;
- количественный анализ химического (фазового) состава объекта, полученный с использованием традиционных «объемных» методик исследования, в которых результат анализа является средним по объему пробы (масс-спектрометрический анализ микропримесей с растворением пробы, рентгеновская дифракция и др.);
- количественный анализ карт распределения (mapping = картирование = биовизуализация) на поверхности объекта (микрообъекта) содержания элементов, молекулярных группировок, в том числе при их низких (и сверхнизких) концентрациях, а также разнообразных структурных нарушений и дефектов регулярной структуры кристаллического материала. Картирование основано на цифровых данных локальных методов анализа, в том числе сканирующей (просвечивающей) электронной микроскопии с энергодисперсионным анализом, микрозондового анализа, масс-спектрометрии с лазерной абляцией, рамановской и ИК-спектроскопии, лазеро-, катодолюминесценции, микродифракции отраженных электронов и др.

В связи со значительным повышением чувствительности и локальности анализа, использованием неразрушающих методов, позволяющих выполнять анализ распределения компонентов на поверхности образца и его послойный анализ с разрешением до 1 мкм,

изменилась сама парадигма аналитических работ. Основной тренд развития аналитических исследований — от imaging к mapping: переход от классических работ по анализу изображения объекта, его химического (фазового) «объемного» состава к работам по анализу карт распределения свойств объекта (твердых тканей зуба, реставрационных материалов и др.). При решении стоматологической проблематики представляет интерес анализ: карт распределения в зубной ткани (реставрационных материалах) концентрации различных по своему биологическому значению химических элементов и их изотопов (структурно образующих Ca, F, P, C и OH-групп, а также микропримесей эссенциальных Zn, Ag, Sr и токсичных элементов Sr, Cd, Cu, Hg и др.); карт распределения концентрации и свойств органических молекул и молекулярных группировок (H₂O, OH, CO₃-групп и др.); карт распределения фазового состава и ориентировки решетки минеральных составляющих, степени их отклонения от стехиометрии; карт степени полимеризации реставрационных материалов и др.

Цели и задачи минералогической стоматологии

1. Развитие, совершенствование и апробирование методик **анализа** макро- и микроэлементного состава, в том числе содержания индикаторных элементов Cu, Zn, Sr, Ca, Mg и др., редких и рассеянных элементов, изотопных отношений Sr, Pb, Cu, Zn, а также молекулярных группировок и структурного состояния материала; понижение пределов обнаружения при высоком пространственном разрешении; усовершенствование и апробирование методик элементного и спектроскопического картирования фрагментов малой массы, сопоставление данных локальных и объемных исследований, оценка воспроизводимости результатов в зависимости от массы образцов, режима проведения анализа, выбор и обоснование стандартных образцов.

2. Комплексные экспериментальные исследования состава и свойств твердых тканей зуба с учетом возрастных особенностей, различных патологических изменений, а также современных конструкционных и пломбирочных материалов.

3. Медико-биологическая интерпретация и расшифровка экспериментальных данных; мониторинг и анализ влияния геоэкологических условий, питания, антропогенного воздействия, климата и др. на состав, структуру и свойства твердых тканей зуба; анализ изменений структуры и свойств твердых тканей зуба при патологических процессах; патогенетическое обоснование при кариозных и некариозных поражениях, после депульпирования, при радиационном повреждении и др.; обоснованный выбор пломбирочных и конструкционных материалов в восстановительной стоматологии на основе детального исследования структуры и свойств биоматериала, анализа данных их микрокартирования.

Результаты и их обсуждение

Представлены оригинальные результаты авторов [1–7], представителей уральской школы, в области материаловедения зубной ткани (витальной и при различных патологиях, в том числе с повышенной стираемостью): особенностей ее фазового и химического состава, структуры, механических свойств и др., механизма развития повышенной стираемости и прикладных вопросов использования результатов в стоматологической практике (рис. 1–5).

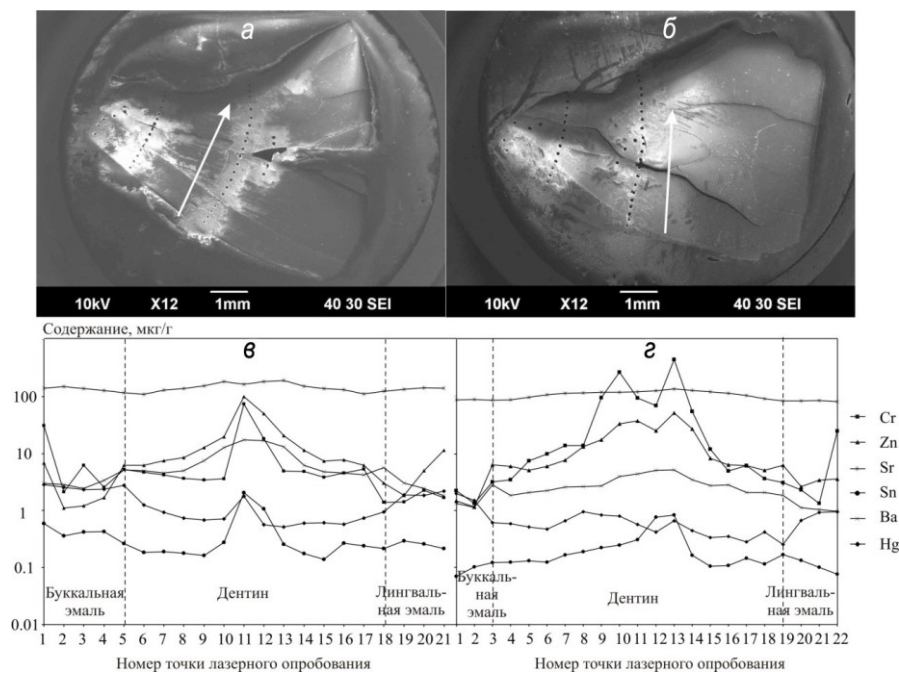


Рис. 1. СЭМ-изображения лазерного профилирования intactного зуба (а) и зуба с проявлениями стираемости второй степени (б) и распределения ряда микроэлементов по эмали и дентину intactного зуба (в) и зуба с проявлениями стираемости второй степени (з) [1]

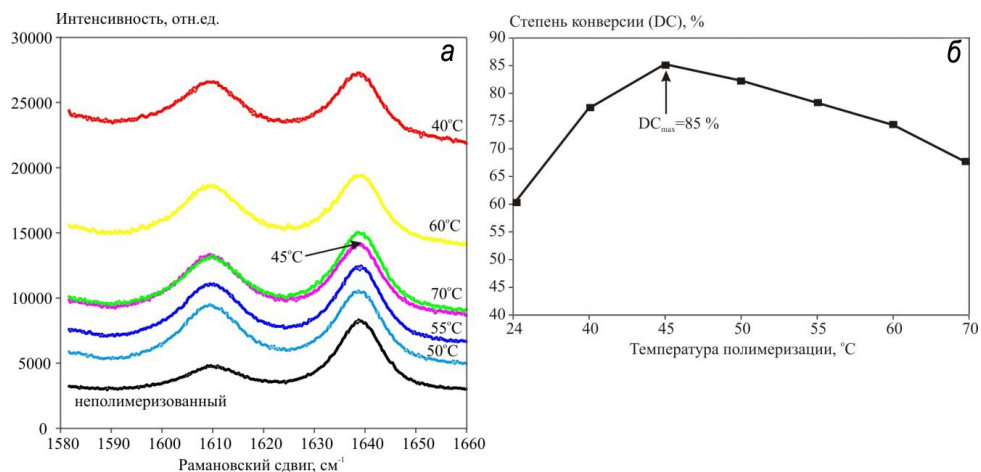


Рис. 2. Рамановские спектры в области 1580–1660 см⁻¹ (а) и зависимость степени конверсии метакрилатной матрицы композита Filtek Ultimate от температуры полимеризации (б), оцененная по данным рамановской спектроскопии [1]

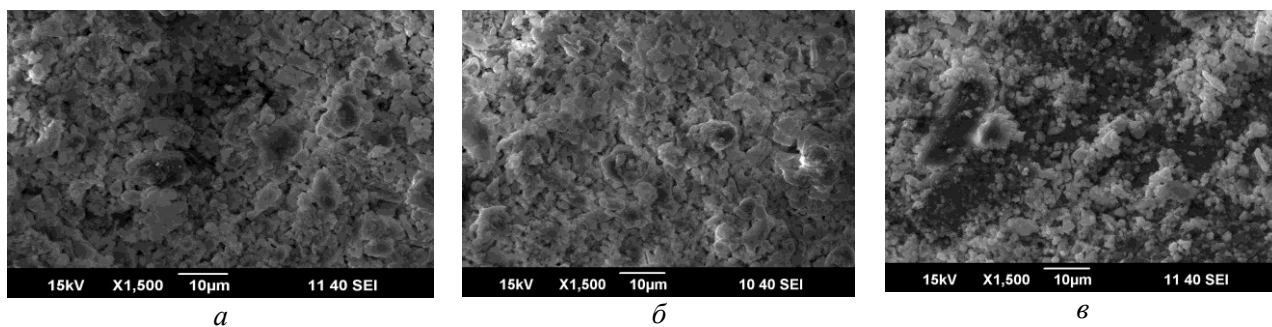


Рис. 3. Изображения фрагментов композитного материала, полимеризованного при температуре: 24 °С (а), 45 °С (б) и 70 °С (в) [2]

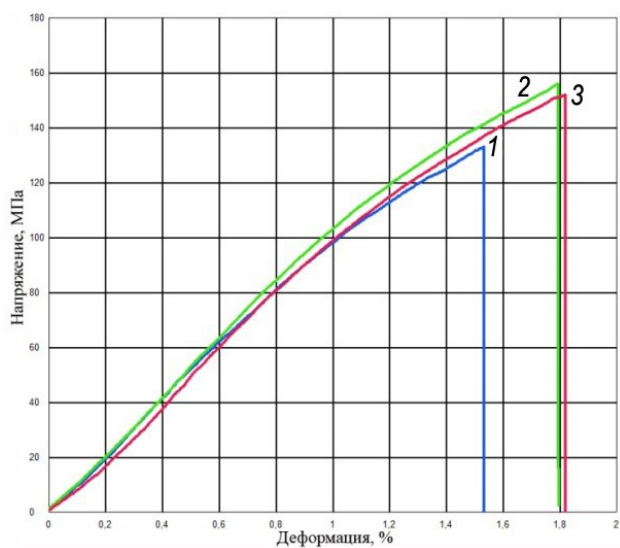


Рис. 4. Типичные деформационные кривые нанокомпозита на изгиб при полимеризации при температуре: 24 °С (1), 45 °С (2) и 70 °С (3) [7]

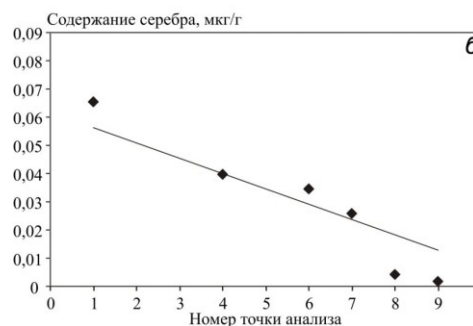
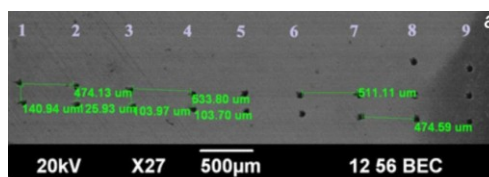


Рис. 5. СЭМ-изображение дентина с точками, в которых проводилась лазерная абляция (а), содержание Ag в дентине после обработки стоматологическим протравочным гелем Etchmaster Ag™ (б) [1]

Проанализированы экспериментальные данные зарубежных авторов [8–11], в том числе использующих локальные методы исследования зубной ткани и картирования ее свойств, посвященные анализу особенностей пространственного распределения значений параметров решетки гидроксиапатита эмали, миграции элементов из амальгамы в дентин и пульпарную камеру, распределения эссенциальных и токсичных микроэлементов, карбонат-ионов, степени кристалличности, содержания коллагена по различным структурным зонам зуба (рис. 6–9), анализу особенностей флуоресценции зубной ткани и пломбировочных материалов.

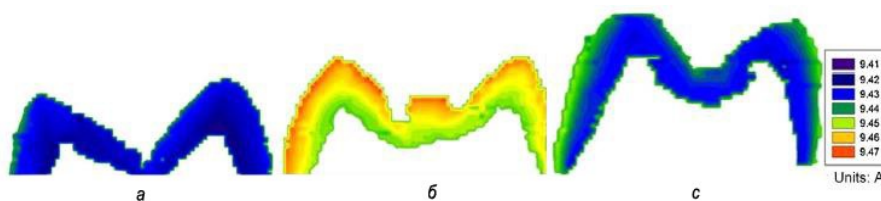


Рис. 6. Карты пространственного распределения параметра кристаллической решетки a (Å) гидроксиапатита эмали зуба трех различных стадий зрелости: а — ранней (1,5 года); б — средней (2,5 года); с — полной (10 лет) [11]

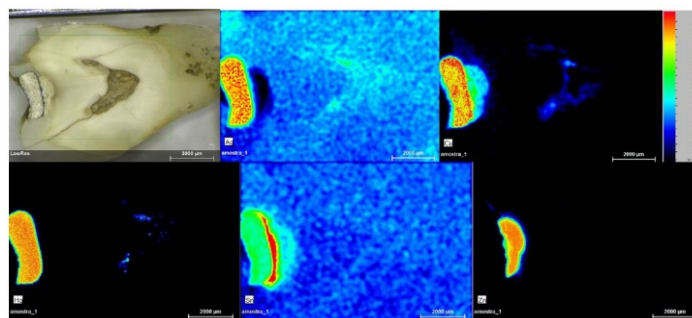


Рис. 7. Микрофотография зуба с ртутной амальгамой и распределение в нем содержания Hg, Cu, Ag, Sn, Zn по данным рентгеновской флуоресцентной спектроскопии. Шкала нормирована к максимуму и минимуму количества импульсов элемента [8]

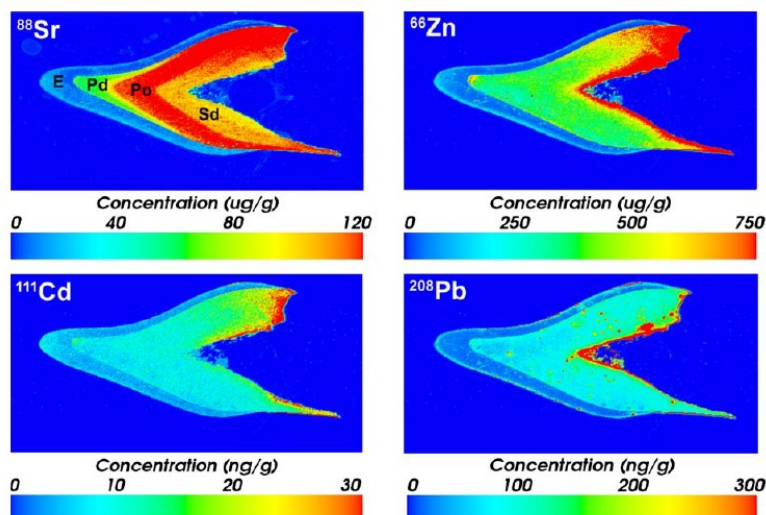


Рис. 8. Карты распределения в зубной ткани содержания ^{88}Sr , ^{66}Zn (мкг/г), ^{111}Cd и ^{208}Pb (нг/г): эмаль (E), пренатальный дентин (Pd), постнатальный дентин (Po) и вторичный дентин (Sd) [9]

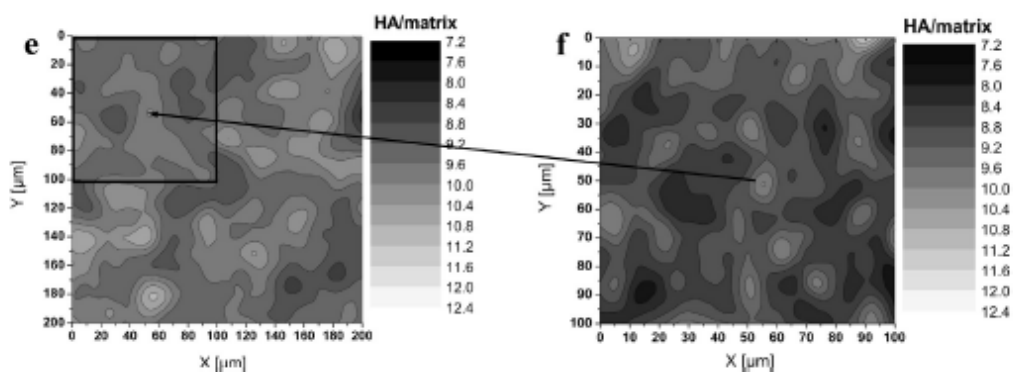


Рис. 9. Рамановское картирование композитного материала, содержащего гидроксиапатитовый филлер, по отношению интегральных интенсивностей полос группировки PO_4^{3-} (961 cm^{-1}) и карбонильной группировки $\text{C}=\text{O}$ (1716 cm^{-1}) [10]

Выводы

Развитие аналитической техники, повышение локальности и чувствительности анализа с формированием тренда *imaging* \rightarrow *mapping* открывает новые возможности в изучении локальных особенностей структуры и состава зубных тканей, в поиске «маркеров» («биочипов») стоматологических заболеваний, в разработке методов их обнаружения и количественного определения на молекулярном (атомном) уровне. Сочетание высокотехнологичных клинических исследований *in vivo*, современных материаловедческих исследований *in vitro*, технологий обработки цифровых данных *Big Data* и моделирования *in silico* создает предпосылки для дальнейшего развития междисциплинарного научного направления — минералогической стоматологии, успешного перехода к персонализации в практической стоматологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минералогическая стоматология как междисциплинарная область исследований: некоторые итоги и перспективы развития / С. Л. Вотяков [и др.] // Проблемы стоматологии. 2017. № 1 (12). С. 3–16.
2. Ивашов А. С. Влияние температуры полимеризации на прочностные свойства современных композиционных материалов при сжатии / А. С. Ивашов, Ю. В. Мандра // Проблемы стоматологии. 2013. № 5. С. 2–17.
3. Пат. 2360638 Российская

Федерация. Способ реставрации зубов при патологической стираемости / Ю. В. Мандра, Г. И. Ронь. 2009. Бюл. № 19. **4.** Современные представления о механизме развития ранней стадии повышенной стираемости зубов / Ю. В. Мандра [и др.] // Проблемы стоматологии. 2011. № 2. С. 11–15. **5.** Морфологические структуры твердых тканей зубов человека / Г. И. Ронь [и др.]. Екатеринбург: УГМА, 2012. 148 с. **6.** Материаловедение зубной ткани как основа для выбора пломбирочных композитов в лечении кариеса и его осложнений / Г. И. Ронь [и др.]. Екатеринбург: Изд-во УГМА, 2014. 150 с. **7.** Zaytsev D., Panfilov P. Deformation behavior of human enamel and dentin-enamel junction under compression // Materials Science and Engineering C. 2014. Vol. 34. P. 15–21. **8.** Distribution of toxic elements in teeth treated with amalgam using μ -energy dispersive X-ray fluorescence / M. Guerra [et al.] // Spectrochimica Acta. Part B. 2016. Vol. 122. P. 114–117. **9.** Hare D., Austin C., Doble P., Arora M. Elemental bio-imaging of trace elements in teeth using laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry // J. Dentistry. 2011. Vol. 39. P. 397–403. **10.** Study of a new resin-based composites containing hydroxyapatite filler using Raman and infrared spectroscopy / Z. Okulus [et al.] // Materials Chemistry and Physics. 2014. Vol. 145. P. 304–312. **11.** Mapping the spatial and temporal progression of human dental enamel biomineralization using synchrotron X-ray diffraction / L. M. Simmons [et al.] // Archives of oral biology. 2013. Vol. 58. P. 1726–1734.

Сведения об авторах

Вотяков Сергей Леонидович — академик РАН, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Института геологии и геохимии УрО РАН

E-mail: Votyakov@igg.uran.ru

Киселева Дарья Владимировна — кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геологии и геохимии УрО РАН

E-mail: Kiseleva@igg.uran.ru

Мандра Юлия Владимировна — доктор медицинских наук, профессор, проректор по научной работе и инновациям, заведующий кафедрой пропедевтики и физиотерапии стоматологических заболеваний Уральского государственного медицинского университета

E-mail: Jmandra@mail.ru

Author Affiliation

Sergei L. Votyakov — Academician of the RAS, Doctor of Sciences (Geol. & Mineral.), Professor, Principal Researcher of the Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the RAS

E-mail: Votyakov@igg.uran.ru

Daria V. Kiseleva — PhD (Geol. & Mineral.), Senior Researcher of the Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the RAS

E-mail: Kiseleva@igg.uran.ru

Yulia V. Mandra — Doctor of Sciences (Medical), Professor, Vice-Principal of Science and Innovations, Head of Propedeutics and Physiotherapy Department of Ural State Medical University

E-mail: Jmandra@mail.ru

Библиографическое описание статьи

Вотяков, С. Л. Минералогическая стоматология как междисциплинарная область исследований: аналитические методики и подходы, результаты и перспективы развития / С. Л. Вотяков, Д. В. Киселева, Ю. В. Мандра // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 4 (9). — С. 30–36.

Reference

Votyakov Sergei L., Kiseleva Daria V., Mandra Yulia V. Mineralogical Stomatology as an Interdisciplinary Research Area: Analytical Methods and Approaches, Recent Results and Development Prospects. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 30–36. (In Russ.).

УДК 54.056, 544.01, 543.42

МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ КОКСАРТРОЗА НА МАКРО-, МИКРО- И МОЛЕКУЛЯРНЫХ УРОВНЯХ КОСТНЫХ ТКАНЕЙ ЧЕЛОВЕКА*

О. А. Голованова, С. А. Герк

ФГБОУ ВПО «Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского», г. Омск

Аннотация

Приведены результаты исследования костной ткани человека методами рентгенофазового анализа, ИК-спектроскопии, электронного парамагнитного резонанса, высокоэффективной жидкостной хроматографии и масс-спектропии с индуктивно связанной плазмой. Показано, что процессы, протекающие в костной ткани при коксартрозе, характеризуются уменьшением кристалличности и упорядоченности структуры гидроксилатапата. Выявлено, что течение коксартроза приводит к изменению коллагена, состав и общее содержание аминокислот при этом отстает постоянным. Приведены результаты исследования морфологии, микротвердости костной ткани человека в «норме» и при патологии. Показано, что процессы, протекающие в пораженной костной ткани, характеризуются уменьшением окристаллизованности минеральной компоненты, уплотнением и деградацией костного вещества, преобразованием коллагена и низкомолекулярной органической составляющей.

Ключевые слова:

фосфаты кальция, биоминерализация, костная ткань, костные заболевания, коксартроз, апатит, фазовый состав, аминокислотный состав, элементный состав.

THE MECHANISM OF DEVELOPMENT OF COXARTHROSIS AT MACRO, MICRO AND MOLECULAR LEVELS OF HUMAN BONE TISSUE

Olga A. Golovanova, Svetlana A. Herc

F. M. Dostoevsky Omsk State University, Omsk

Abstract

The article presents the results of human bone tissue research by x-ray phase analysis, IR spectroscopy, electron paramagnetic resonance, high-performance liquid chromatography and inductively coupled plasma mass spectrometry. It has been shown that the processes taking place in bone tissue when coxarthrosis occurs, are characterized by crystallinity reduction and orderliness of apatite structure. It has been revealed that the current coxarthrosis leads to collagen change, the structure and the general content of amino acids thus stay constant. The results of the study of morphology and microhardness of human bone tissue under normal and pathological conditions, are presented. It was shown that the processes occurring in the affected bone tissue are characterized by decrease in the crystallinity of the mineral component, compaction and degradation of bone substance, conversion of collagen and low molecular weight organic component.

Keywords:

calcium phosphates, biomineralization, bone tissue, bone diseases, coxarthrosis, apatite, phase composition, amino acid composition, elemental composition, bone diseases.

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 15-29-04839 офи_м, № 16-33-00535 мол_а).



Введение

В настоящее время интенсивно развивающимся естественнонаучным направлением выступает изучение физиологической основы высокоорганизованных живых минеральных образований в организме человека (биоминералогия). Одни минералы образуются на генетическом уровне и необходимы для полноценного функционирования всех органов и тканей (физиогенные). Важнейшим представителем физиогенных минералов является костная ткань. Костная ткань — сложнейший эволюционно сформированный биоминерал, составляющий организм, необходимый для их существования и функционирования. Негативные условия жизнедеятельности (экзо- и эндогенные) нарушают протекание «нормальных» физиопроцессов, что сказывается на «здоровье» кости, прежде всего на ее химическом и структурном составе, в результате развиваются костно-суставные патологии. Среди дегенеративно-дистрофических заболеваний суставов, приводящих к инвалидности, коксартроз стоит на первом месте [1, 2]. Закономерности эпатогенеза данной патологии до сих пор остаются спорными. В данном случае необходимым является комплексное изучение костной ткани специалистами разного профиля (медики, химики, минералоги, и т. д.). Поэтому наше исследование направлено на изучение особенностей химического состава костной ткани и его патогенных изменений при коксартрозе различными физико-химическими методами, что будет способствовать выбору рациональных методов лечения и профилактики различных костных заболеваний.

Стремительный рост числа заболеваний, связанных с метаболическими нарушениями в костной ткани, является серьезной медицинской проблемой во всем мире. ВОЗ оценивает остеопороз как вторую по значимости проблему после сердечно-сосудистых заболеваний [3].

Старение костной ткани связано с возрастными регуляторно-метаболическими сдвигами и является одним из процессов старения организма [4], который проявляется в изменении ультра- и микроструктуры костной ткани, нарушении архитектоники костных органов, а также снижении прочностных свойств кости, что приводит к повышению риска переломов.

Минеральный компонент матрикса характеризуется формированием сдвигов на ультра- и микроструктурном уровне. Так, с возрастом увеличиваются размеры копланарных объединений кристаллов, что приводит к вытеснению водной и органической фракции из внеклеточного матрикса. Изменяется и степень минерализации остеонов. После 57 лет доля остеонов, минерализованных на 75 % и выше, составляет 40 % от общего их числа, в то время как в более молодом возрасте она не превышает 10 %. Таким образом, несмотря на относительное постоянство соотношения основных фракций костной ткани (минеральной, органической и воды), структура остеоцитарной сети, системы полостей, а также органического и минерального матрикса существенно меняется.

Несмотря на стремительный темп развития современной медицины, биотехнологий и биоминералогии, до сих пор сохраняется высокий уровень инвалидности, в первую очередь социально значимой группы заболеваний. Так, в структуре первичной инвалидности в Омской обл. на третьем месте находятся болезни костно-мышечной системы, среди которых заболевания суставов занимают одно из первых мест по неблагоприятным последствиям. По данным европейских медицинских агентств, в мире в эндопротезировании крупных суставов нуждается до 10 % населения, из них около 70 % составляют лица трудоспособного возраста. По данным официальной статистики, в Российской Федерации количество, нуждающихся в эндопротезировании составляет 6,7 %. В настоящее время в этом виде дорогостоящих операций на территории Омской обл. нуждается около 20 тыс. чел. [1]. Одним из тяжелых распространенных заболеваний

суставов, приводящих в 60–70 % случаев к эндопротезированию (замена сустава протезом), является коксартроз [2]. Среди заболеваний крупных суставов коксартроз занимает лидирующее место и имеет большое социально-экономическое значение. Так, в 2005–2007 гг. в Омском обл. зарегистрировано 358 таких операций, из них 58 % оперированных женщин и 42 % мужчин, причем наибольший процент больных приходится на возраст 50–69 лет.

Деформирующий коксартроз — одно из наиболее распространенных заболеваний тазобедренного сустава опорно-двигательной системы человека. В основе заболевания лежит дистрофическое изменение структуры суставного хряща, приводящее к его разрушению, обнажению подлежащей кости, костным разрастаниям (остеофиты). Различают три стадии коксартроза. На II, III стадиях развития заболевания происходит не только его поражение, но и перестройка костной ткани сустава, ее уплотнение (часть губчатого вещества преобразуется в компактное) и резорбция. На поздних стадиях заболевания сустав теряет способность выполнять свои функции. Большинство ученых [1–7] считают, что пусковым механизмом коксартроза является нарушение кровообращения в суставе как из-за ухудшения венозного оттока, так и вследствие нарушения артериального притока. Возможно, одной из причин такой ситуации является одностороннее рассмотрение патогенеза заболевания (морфологические изменения в суставе и синовиальной жидкости), традиционно проводимое в медицине на основании результатов рентгенологических и биохимических исследований. Незначительное внимание уделяется сложным изменениям, протекающим на минеральных и органических уровнях, составляющих основу межклеточного вещества костных тканей человека. Кроме того, не всегда учитываются их вариации с возрастом.

Таким образом, целью работы является комплексная оценка закономерностей изменений, протекающих на различных уровнях структурной организации костной ткани человека при коксартрозе.

Материал и методика исследований

Работа является продолжением исследования коллекции удаленных вследствие коксартроза головок бедренных костей мужчин и женщин Омского региона в возрасте от 30 до 79 лет. В качестве контрольных проб костной ткани использованы непораженные образцы, которые извлекались в соответствии с нормативными документами. Для изучения динамики заболевания из бедренных головок получали по три горизонтальных среза: верхний, средний и нижний (порядок чередования приведен в направлении гиалиновый хрящ — бедренная кость), которые в дальнейшем анализировали в виде сухих порошкообразных проб. Усредненный состав разных пораженных пластинок сравнивали между собой и с контрольными образцами.

Для определения фазового состава применялся рентгенофазовый анализ, для удаления органической составляющей была применена процедура обезжиривания, заключающаяся в длительном вымачивании кости в ацетоне (14 сут). Рентгенограммы костных проб получены на дифрактометре ДРОН-3М с использованием $\text{CuK}\alpha$ -излучения при длине волны $\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$, в интервале $10^\circ \leq 2\theta \leq 60^\circ$ с шагом 0,02 и экспозицией 15 с. Для анализа полученных дифрактограмм применялся программный комплекс DifWin и Search-Match. Идентификация фаз осуществлялась путем сопоставления экспериментальных дифрактограмм с элементной базой данных P-Ca-O-H Search-Match. ИК-спектры костных образцов получены методом прессования таблеток с KBr (0,5 и 300 мг KBr) на Фурье-спектрофотометре ФСМ-2201. Предел их обнаружения $\sim 10^{-9} \%$; погрешность определения $\sim 2\text{--}5 \%$ (отн.).

Для оценки состояния поверхности и пористости костных тканей были использованы методики металлографического анализа на оптическом микроскопе Neophot-2. Для изучения более тонкой микроструктуры применялся сканирующий электронный микроскоп JEOL JSM-6610LV

фирмы JEOL, Япония. Для определения твердости в поверхность материала с определенной силой вдавливается тело (индентор), по размерам получаемого на поверхности отпечатка судят о твердости материала, которую количественно характеризовали числом твердости по Бринеллю (НВ).

Результаты и обсуждение

Известны следующие уровни организации костной ткани человека: макро- (все виды костных тканей, губчатое, компактное вещество); микро- (остеоны и гаверсовы каналы); ультра- (костные пластины, минерализованные коллагеновые фибриллы); молекулярный (нанокристаллы гидроксилапатита и коллагеновые фибриллы) [3–5]. Процессы преобразования костных тканей на данных уровнях организации при коксартрозе схематично представлены на рис. 1.

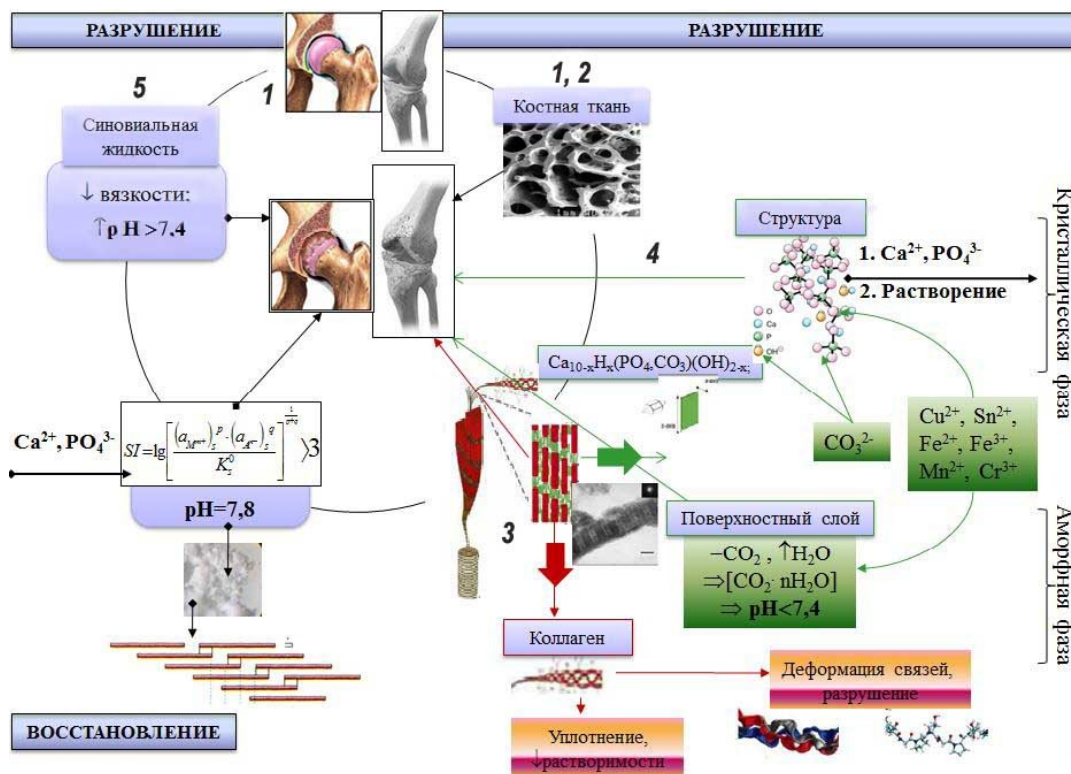


Рис. 1. Процессы преобразования при коксартрозе костных тканей на макро- (1); микро- (2); ультра- (3) и молекулярном (4) уровнях и синовиальной жидкости (5)

Так, с помощью сканирующей электронной микроскопии показано, что поврежденные участки костных тканей уплотнены, имеют меньшие размеры костных ячеек (пор). В образцах с кистами обнаружены костные трабекулы с трещинами. Возможно, это связано с особенностями течения коксартроза, а именно с тем, что одновременно с разрушением костной ткани происходит ее уплотнение вследствие перераспределения нагрузки в тазобедренном суставе на кость (рис. 2, 3). На поздней стадии заболевания костная ткань, в отличие от «нормы», плотно упакована, имеет неупорядоченное строение, четко прослеживаются фрагменты разрушения костного вещества с кистозными образованиями. При прогрессировании дегенеративных процессов наблюдается увеличение размеров костных лакун и губчатое вещество головки бедренной кости не только уплотнено, но становится более пористым.

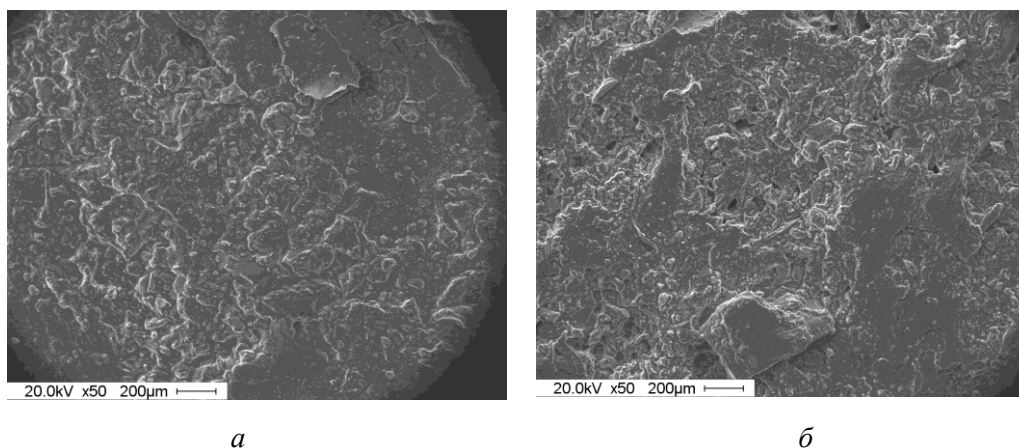


Рис. 2. Микрофотографии костной ткани верхнего среза головки бедренной кости в «норме» (а) и на второй стадии коксартроза (б)

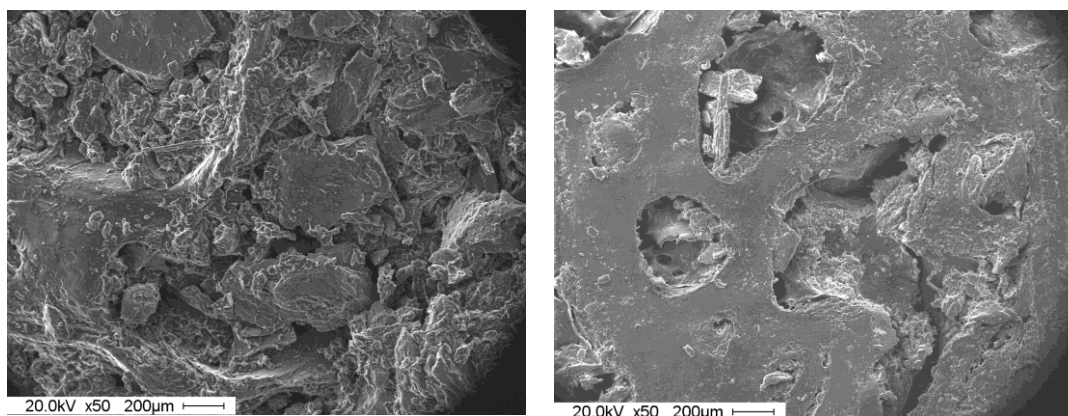


Рис. 3. Микрофотографии костной ткани среднего среза головки бедренной кости при коксартрозе (третья стадия)

Результаты анализа микротвердости поврежденных образцов согласуются с морфологической картиной течения заболевания только для образцов костных тканей мужчин (табл. 1). Микротвердость более поврежденных верхнего и среднего срезов в два раза больше по сравнению с нижней частью головки бедренной кости. Определенных закономерностей по костным тканям женщин не отмечается, возможно, из-за наличия сопутствующих костных заболеваний (например, остеопороза), связанных с особенностями женского организма (период менопаузы) [2].

Таблица 1

Микротвердость образцов костных тканей

Костные ткани	Костный срез			Костные ткани	Костный срез		
	Верх	Середина	Низ		Верх	Середина	Низ
Мужские	693,49	613,8	347,9	Женские	231,2	927,0	789,9

Применение спектроскопических методов исследования позволило установить, что при заболевании уменьшается степень кристалличности минеральной основы межклеточного вещества костных тканей — гидроксилатапта. Возможно, ключевыми причинами снижения

кристалличности являются анионные изоморфные замещения в кристаллической решетке минерала OH^- и PO_4^{3-} карбонатными группами, а также уменьшение содержания ионов кальция и увеличение — ионов железа, хрома, меди, марганца и олова.

С помощью термического анализа показано, что в поврежденных костных тканях содержится больше адсорбированной воды и углекислого газа, что приводит к изменению pH биологических жидкостей (межклеточной и синовиальной) и отрицательно сказывается на растворимости гидроксилапатита (рис. 4).

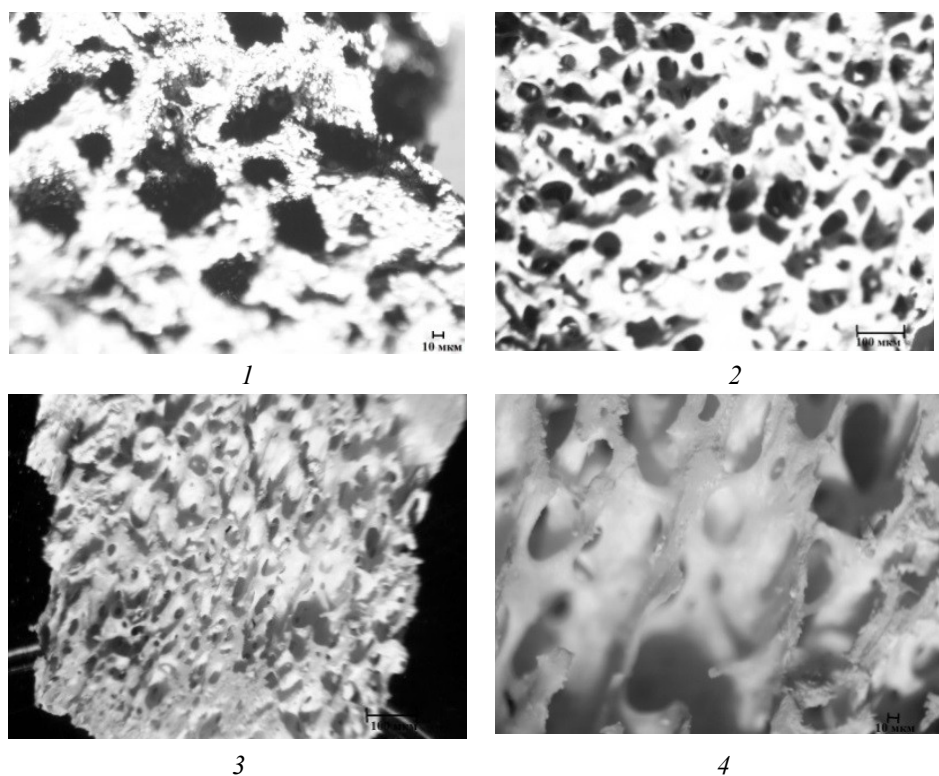


Рис. 4. Морфология костной ткани 1–4 после отжига при температуре 300, 500, 800 и 900 °С соответственно

Кроме того, проведена корреляция полученных данных термического анализа и ЭПР. Установлено, что органический матрикс пораженных костных тканей содержит меньше коллагеновой компоненты и больше веществ с меньшей, чем у коллагена молекулярной массой. Возможно, в данном случае наблюдается частичное разрушение коллагенового белка. Так, изменения качественного и количественного аминокислотного состава при патологии не было выявлено.

Таким образом, в ходе многочисленных исследований установлено, что процессы преобразования костных тканей при коксартрозе протекают и на всех уровнях составляющих межклеточного вещества, и в окружающих биожидкостях. На фоне разрушения и уплотнения коллагена интенсивно протекают процессы деминерализации, в ходе которых происходит растворение кристаллической основы — апатита за счет изоморфного замещения его структурных ионов, а также благодаря изменению состава и pH поверхностного слоя. При этом в синовиальной жидкости создаются благоприятные условия для осаждения апатита: понижается вязкость и кислотность среды, повышаются концентрации осадкообразующих ионов. Такое

фазаобразование можно рассматривать, с одной стороны, как один из факторов, стимулирующих развитие изменений в костных тканях, с другой — как восстановление физико-химических равновесий в организме человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биохимические изменения в тканях суставов при дегенеративно-дистрофических заболеваниях и способы биологической коррекции: дис. ... докт. биол. наук / С. Н. Лунева. Курган, 2003. 297 с. 2. Сидоренко О. А. Социально-гигиенические особенности заболеваемости и оценка эффективности больных с патологией крупных суставов: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск. 2002. 23 с. 3. Ерофеев Ю. В. Инновационное развитие системы здравоохранения Омской области // Индустрия здоровья: материалы междунар. мед. форума/выставки. 2009. 4. Сидоренко О. А. Социально-гигиенические особенности заболеваемости и оценка эффективности больных с патологией крупных суставов: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Новосибирск, 2002. 23 с. 5. Suchanek W., Yoshimura M. Processing and properties of hydroxyapatite-based biomaterials for use as hard tissue replacement implants // J. Materials Res. 1998. Vol. 13, No. 1. P. 94–117. 6. Weiner S., Addadi L., Wagner H. D. Materials design in biology // Materials Science and Engineering C. 2000. Vol. 11. P. 1–8. 7. Organization of apatite crystals in human woven bone / X. Su [et al.] // Bone. 2003. Vol. 32, No. 2. P. 150–162.

Сведения об авторах

Голованова Ольга Александровна — доктор геолого-минералогических наук, профессор Омского государственного университета им. Ф. М. Достоевского

E-mail: golovanoa2000@mail.ru

Герк Светлана Александровна — кандидат химических наук, инженер-исследователь кафедры неорганической химии Омского государственного университета им. Ф.М. Достоевского

E-mail: gerksa_11@mail.ru

Author Affiliation

Olga. A. Golovanova — Doctor of Sciences (Geol & Mineral.), Professor of F. M. Dostoevsky Omsk State University

E-mail: golovanoa2000@mail.ru

Svetlana. A. Herc — PhD (Chemistry), Research Engineer at Department of Inorganic Chemistry of F. M. Dostoevsky Omsk State University

E-mail: gerksa_11@mail.ru

Библиографическое описание статьи

Голованова, О. А. Механизм развития коксартроза на макро-, микро- и молекулярных уровнях костных тканей человека / О. А. Голованова, С. А. Герк // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 4 (9). — С. 37–43.

Reference

Golovanova Olga. A., Herc Svetlana. A. The Mechanism of Development of Coxarthrosis at Macro, Micro and Molecular Levels of Human Bone Tissue. *Herald of the Kola Science of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 37–43. (In Russ.).

УДК 504.75.05

ОСОБЕННОСТИ МИКРОМИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ЗОЛЬНОГО ОСТАТКА ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА, г. НОРИЛЬСК

М. А. Дериглазова, Л. П. Рихванов

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск

Аннотация

Данная работа реализуется в рамках таких направлений, как медицинская геология, биоминералогия, геохимия и экология, важность которых трудно переоценить. Основной ее целью было выявление особенностей минерального (и частично геохимического) состава зольного остатка организма человека жителя г. Норильска с помощью современных и точных методов анализа (рентгеновская дифрактометрия, сканирующая электронная микроскопия, ИНАА, ИСП-МС). Было обнаружено, что ярко выраженными особенностями зольного остатка организма человека г. Норильска является наличие агрегатов гидроксилapatита с пониженным содержанием кальция и присутствие микроминеральных фаз разнообразного состава (Cu, Ni, Pt, Au, Zr, Ce и др.), отражающих воздействие производства по добыче и переработке медно-никелевых руд на организм человека, проживающего в данном городе. Полученные данные раскрывают новые аспекты воздействия описанного типа производства на организм человека.

Ключевые слова:

Норильск, зольный остаток, гидроксилapatит, минеральные фазы, медь, платина, циркон.

FEATURES OF MICROMINERAL COMPOSITION OF HUMAN ORGANISM ASH RESIDUE, NORILSK

Maria A. Deriglazova, Leonid P. Rikhvanov

Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Abstract

This work is realized within medical geology, biomineralogy, geochemistry and ecology, the importance of which is difficult to overestimate. The main objective of the article is to reveal the characteristics of mineral (and partly geochemical) composition of ash residue of Norilsk residents with the help of modern and accurate analytical methods (X-ray diffraction, scanning electron microscopy, INAA, ICP-MS). The following mineral features of the studying material have been indicated: the presence of hydroxyapatite aggregates with a low calcium content and the presence of mineral phases of various composition (Cu, Ni, Pt, Au, Zr, Ce, etc.), reflecting the impact of Cu-Ni ores processing. The findings reveal some new aspects of such kind of impact on human body.

Keywords:

Norilsk, ash residue, hydroxyapatite, mineral phases, copper, platinum, zircon.



Введение

Биоминералогия — современное и сравнительно молодое научное направление, изучающее минералы, созданные при непосредственном участии живых организмов. Начиная с исследования таких известных агрегатов, как раковина моллюска или жемчуг, биоминералогия закономерно обратила свое внимание и на минералы в организме человека (кости, уrolиты, зубные, слюнные камни и т. д.) [1]. Со временем в научной

литературе появлялось все больше исследований, которые посвящены патогенному минералообразованию в организме человека и способам борьбы с ним [2], однако не меньше внимания было уделено изучению физиогенных минералов, например, костной ткани как одной из неотъемлемых составляющих человеческого организма.

Как известно, минералы костной ткани представляют собой подвижные системы, меняющие свой состав в зависимости от различных условий (возраста, заболеваний, условий окружающей среды, образа жизни и т. д.) [1]. Кроме того, кость обладает аккумулярующим свойством и накапливает в себе многие радиоактивные элементы [3]. Учитывая эти факты, можно предположить, что она отражает не только физиологические особенности организма человека, но и специфику среды его обитания. В подтверждение данной гипотезы коллективом кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета проводятся исследования зольного остатка организма человека (ЗООЧ) различных городов России (Новокузнецк, Новосибирск, Ростов-на-Дону, Екатеринбург, Санкт-Петербург, Норильск). Особенно интересным для нас было изучение материала из г. Норильска. Уникальные ландшафтно-географические условия в сочетании с мощнейшим производственным комплексом позволяют говорить об исключительности данной территории, которая, вероятно, находит свое отражение в составе организма его жителей.

Материал и методика исследований

Для исследования используется зольный остаток организма человека — крематорный материал, оставшийся после сжигания тела человека при температуре 900–1100 °С. Пробы ЗООЧ были отобраны из неостребованного материала в крематории г. Норильска в 2015 г. по официальному разрешению администрации учреждения. Полученные результаты по элементному и минеральному составу ЗООЧ г. Норильска сравнивались с результатами проб, отобранными ранее в крематориях пяти городов России: Новосибирска, Новокузнецка, Ростова-на-Дону, Санкт-Петербурга и Екатеринбурга. Единые требования, предъявляемые к процессу кремации, дают возможность сравнивать пробы из различных городов.

Отобранный материал из г. Норильска представляет собой зольный остаток организма человека различных половых групп и возрастов, общее количество проб — 22. Соотношение мужчин и женщин в выборке было примерно одинаковое и составило 13:9. Никаких других данных о возрасте, заболеваемости, а также причинах смерти не было известно.

При изучении зольного остатка организма человека были использованы современные методы исследования вещественного состава: электронно-микроскопический (Hitachi S-3400N с энергодисперсионной приставкой для микроанализа фирмы Bruker) и рентгеноструктурный (с использованием порошкового дифрактометра D2 PHASER фирмы Bruker), инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА) и масс-спектрометрический с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС). Все анализы были выполнены в аккредитованных лабораториях по аттестованным методикам и характеризовались вполне удовлетворительной сходимостью результатов.

Результаты и их обсуждение

Несмотря на то, что зольный остаток организма человека представляет собой сборный материал органов и тканей всего человеческого организма, тем не менее, более 90 % всего объема представлено костной тканью. В связи с этим основным минералом ЗООЧ, как и ожидалось, оказался гидроксилapatит — основной минерал костной ткани человека. По данным рентгеноструктурной дифрактометрии, гидроксилapatит и его аналоги занимают более 99 % всего объема изученных проб ЗООЧ г. Норильска. Такой же минеральный состав выявлен нами при исследовании с помощью электронного микроскопа: более 99 % всего объема пробы занимает гидроксилapatит, менее 1 % — минеральные фазы различного состава (микроминеральные фазы железа, меди, цинка и др.).

Расчетная формула гидроксилapatита (среднее по 20 измерениям) может быть представлена в виде $(K_{0,9},Mg_{0,3})(Ca_{5,0},Na_{2,2})[P_1O_{5,4}]_{3,5}$, что соответствует гидроксилapatиту с переменными количествами K, Mg, Na и со следовыми количествами Cl, S, Si, Al. Примечательно, что исследование элементного состава гидроксилapatита выявило несколько различных типов данного минерала. В первую очередь, агрегаты разного типа отличались по внешнему виду и соотношению главных компонентов (Ca/P, Mg + Na + K). Гидроксилapatит стандартного состава встречался в пробах наиболее часто, при этом Ca/P-отношение у данной разновидности близко к таковому, определенному для гидроксилapatита костей и эмали зубов человека. Другие разновидности данного минерала отличались пониженным содержанием Ca и повышенным содержанием Mg, Na и K при практически постоянном содержании P (табл. 1). Наличие нескольких разновидностей гидроксилapatита может быть обусловлено как процессом сжигания материала, так и физиологическими особенностями. В любом случае, уникальной особенностью ЗООЧ из г. Норильска, по сравнению с другими изученными городами, является наличие агрегатов гидроксилapatита с чрезвычайно низким содержанием кальция.

Таблица 1

Элементный состав гидроксилapatита в ЗООЧ г. Норильска по сравнению с составом кости человека, %

Элемент	I типа ЗООЧ	II типа ЗООЧ	Состав кости человека*, %	Элемент	I типа ЗООЧ	II типа ЗООЧ	Состав кости человека*, %
Ca	36,9	15,7	24	Cl	0,04	0,3	0,01
O	41,1	42,2	–	K	0,6	7,6	0,2
P	14,5	15,2	11,2	F	<0,1	<0,1	0,5
Na	2,0	12,7	0,5	Al, S, Si	<0,1	<0,1	–
Mg	0,4	1,5	0,3				

Примечание. I типа ЗООЧ — среднее по 11 измерениям; II типа среднее — по 9 измерениям.

* По данным Ф. Бетса [1].

Как было сказано выше, в гидроксилapatитовой матрице неравномерно распределены микрофазы различного состава. Размер этих частиц также неоднороден и колеблется от единиц до сотен микрон. Еще одной отличительной особенностью минерального состава ЗООЧ г. Норильска является разнообразие минеральных фаз, найденных в материале данного города. Среди таковых — минеральные фазы Cu, Ni, Cr, Zr, Sn, Sb, Pt и др. (рис. 1).

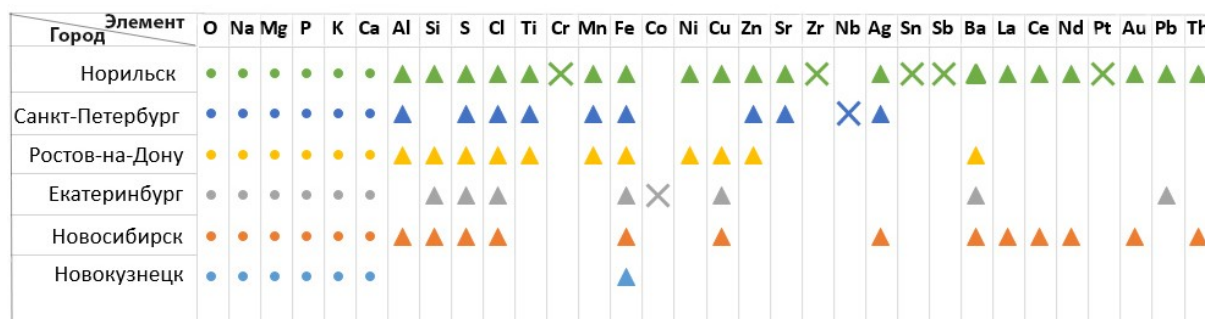


Рис. 1. Элементный состав минеральных фаз, найденных в ЗООЧ различных городов.

Знаком «●» обозначены матричные элементы; знаком «▲» — элементы, минеральные фазы которых встречаются в пробах двух или более городов; знаком «×» — специфические элементы, установленные на данный момент в пробах только одного города

Специфичные минеральные фазы, отмеченные выше, в том числе отражают специфику промышленного производства. К таким относятся минеральные фазы меди, никеля, платины и, вероятно, циркония, золота, церия и тория. Элементный состав данных минеральных фаз представлен ниже (табл. 2). Несмотря на то, что медь и никель встречаются в ЗООЧ и других городов (это вполне ожидаемо, исходя из факта, что медь — эссенциальный элемент в организме человека), тем не менее, Cu, например, встречается, в пробах г. Норильска, как минимум, в четырех видах соединений (самородная медь, оксиды, соединения с серой, интерметаллические соединения), тогда как в остальных городах установлено 1–2 вида соединений данного элемента.

Таблица 2

Микроминеральные фазы некоторых изученных элементов в ЗООЧ г. Норильска по данным электронной микроскопии

Элемент	Средний размер агрегатов, состав минеральной фазы и ее характеристика
Cu	Размер — 1×1 мкм Главные элементы (> 10 %) — Cu (85,4 %), O (12,9 %) Самородная медь или оксид меди (?)
	Размер — 6×3 мкм Главные элементы (> 10 %) — Cu (75,2 %), S (18,6 %) Сопутствующие элементы (1–10 %): O (3,3 %) Примеси (< 1%) — Al, Si Сульфид меди (?)
	Размер — 4×2 мкм Главные элементы (> 10 %) — Cu (83,2 %) Сопутствующие элементы (1–10 %) — O (3,5 %), Sn (3 %), Ni (2,7 %), Fe (1,8 %) Интерметаллическое соединение (?)
	Размер — 1,5×1,5 мкм Главные элементы (> 10 %) — Cu (26,7 %), O (19,1 %), Sn (25,8 %) Сопутствующие элементы (1–10 %): Cl (2,5 %), Al (1,5 %); Примеси (<1 %) — Si, S Бронза (?)
Zr (рис. 2)	Размер — 40×20×15 мкм Главные элементы (> 10 %) — Zr (41,9 %), O (44,2%), Si (10,8 %) Сопутствующие элементы (1–10 %) — Al (2,3 %), иногда Hf (1 %) Циркон (?)
Ce	Размер — 2×2 мкм Главные элементы (> 10 %) — O (30,4 %), Ce (24,4 %), P (13,5 %), La (12 %) Сопутствующие элементы (1–10 %) — Nd (9,9 %), Th (2,6 %) Монацит (?)
Pt (рис. 3)	Размер — 1×1 мкм Главные элементы (> 10 %) — Pt – 44,8 %, O (27,4 %) Сопутствующие элементы (1–10 %) — Cu (1,7 %) Примеси (< 1 %) — Ti, Si, Fe Самородная платина (?)

Характерной особенностью ЗООЧ г. Норильска также является присутствие ярко выраженных кристаллов циркона (рис. 2, а). Принимая во внимание то, что температура плавления циркона составляет 1800 °С, что много выше температуры сжигания материала,

можно предположить, что это терригенная тонкодисперсная примесь, попавшая ингаляционным путем в организм человека и сохранившаяся в зольном остатке. Возможно, что такую же природу имеет микрофаза монацита. Вероятно, наличие данных минеральных фаз отражает особенности технологии добычи и получения меди, никеля и платины, тем более что, по данным ИНАА и ИСП-МС, в ЗООЧ г. Норильска обнаружены повышенные концентрации данных элементов (Zr, Ce, Th и др.) по сравнению с другими городами.

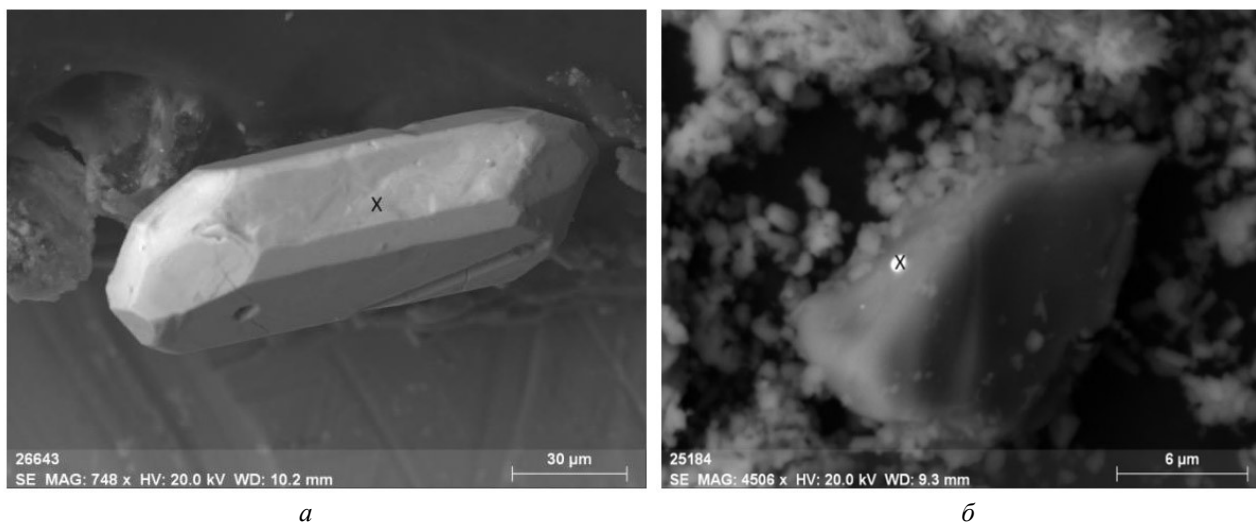


Рис. 2. Циркон (*a*) и микроминеральная фаза платины (*б*) в ЗООЧ г. Норильска

Минеральные фазы монацита, золота и циркона обнаружены одновременно в одной пробе ЗООЧ г. Норильска, платины (рис. 2, б) — в другой, но обе принадлежали мужчинам. Не исключено, что данные минеральные фазы характерны для организма рабочего промышленного предприятия г. Норильска.

При интерпретации полученных данных стоит учитывать, что ЗООЧ не отражает реальный минеральный состав человеческого организма, так как является материалом, преобразованным под воздействием высоких температур. Это касается всех минералов, за возможным исключением гидроксилпатита, хотя, вероятно, и он претерпевает преобразование в процессе сгорания живого вещества. Однако, на наш взгляд, вышеописанный состав минеральных фаз в какой-то мере наследует геохимические особенности первичного озоляемого материала.

Среди геохимических особенностей ЗООЧ г. Норильска, по сравнению с другими ранее изученными городами, следует отметить повышенные концентрации таких элементов, как Mg, Al, P, Ca, Sc, Ni, Rb, Sr, Y, Zr, Cd, Cs, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Tm, Lu и U. Как было отмечено, повышенные концентрации Mg, Al, Ni, Sr, Zr, Ce и Nd находят свое отражение в наличии микроминеральных фаз соответствующего состава, с другой стороны, несмотря на присутствие микроминеральных фаз Cu, Cr, Zn, Ag, Au и Pb, ЗООЧ г. Норильска не выделяется среди других городов по содержанию этих элементов. Слабая выраженность медной специфики зольного остатка организма человека — жителя г. Норильска косвенно соотносится с данными Э. В. Сокол, исследования которой показывают, что уролиты людей, проживающих в городах, специализирующихся на добыче и переработке меди, никеля, свинца и цинка, не выделяются на региональном фоне по содержанию данных элементов [4].

Выводы

Среди известных экологических адаптивных типов человека (арктический, континентальный, тропический, аридный, высокогорный, умеренных широт и др.) коренное население г. Норильска, вероятно, относится к арктическому как основному типу, формирующемуся в условиях Крайнего Севера. Неблагоприятные погодные условия сказываются на строении костной ткани коренных жителей Севера: увеличивается объем костномозговой полости длинных костей при небольшой толщине компактного вещества. Исключительные особенности арктического организма, возможно, будут сказываться на составе организма человека. Однако, анализируя все вышеперечисленные особенности ЗООЧ г. Норильск, мы можем сделать вывод о том, что на элементный и минеральный состав исследуемого материала из данного города в большей степени влияет техногенная нагрузка, оказываемая деятельностью комбината по добыче и переработке медно-никелевых руд. Вероятно, данное влияние выражается в повышенной концентрации Mg, Al, P, Ca, Sc, Ni, Rb, Sr, Y, Zr, Cd, Cs, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho, Tm, Lu и U, а также в наличии микроминеральных фаз Cu, Ni, Pt, Zr, редкоземельных и радиоактивных элементов. К сожалению, данных по использованию вышеперечисленных элементов (особенно, Zr, Ce, U, Th, редкоземельных и некоторых других элементов) при производстве меди, никеля и платины, а также их выбросам практически нет. Поэтому особенно важно проводить подобного рода исследования для выявления элементов, оказывающих максимальную нагрузку на организм человека — жителя данного города, и в перспективе проводить мероприятия по их снижению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кораго А. А. Введение в биоминералогию. СПб.: Недра, 1992. 280 с.
2. Голованова О. А. Биоминералогия мочевых, желчных, зубных и слюнных камней из организма человека: автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Томск, 2008. 39 с.
3. Скоблин А. П., Белоус А. М. Микроэлементы в костной ткани. М.: Медицина, 1968. 231 с.
4. Микроэлементный состав нефролитов как маркер воздействия окружающей среды на человека / Э. В. Сокол [и др.] // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2007. № 2. С. 151–163.

Сведения об авторах

Дериглазова Мария Александровна — аспирант кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета

E-mail: belyakinama@gmail.com

Рихванов Леонид Петрович — доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета

E-mail: rikhvanov@tpu.ru

Author Affiliation

Maria A. Deriglazova — Graduate Student of Department of Geoecology and Geochemistry, Tomsk Polytechnic University

E-mail: belyakinama@gmail.com

Leonid P. Rikhvanov — Doctor of Sciences (Geol. & Mineral.), Professor at Department of Geoecology and Geochemistry, Tomsk Polytechnic University

E-mail: rikhvanov@tpu.ru

Библиографическое описание статьи

Дериглазова, М. А. Особенности микроминерального состава зольного остатка организма человека, г. Норильск / *М. А. Дериглазова, Л. П. Рихванов* // Вестник Кольского научного РАН. — 2017. — № 4 (9). — С. 44–49.

Reference

Deriglazova Maria A., Rikhvanov Leonid P. Features of Micromineral Composition of Human Organism Ash Residue, Norilsk. *Herald of the Kola Science of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 44–49. (In Russ.).

УДК 543.42, 543.51

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В БИОСУБСТРАТАХ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

С. В. Дрогобужская

ФГБУН Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И. В. Тананаева КНЦ РАН

Аннотация

Рассмотрена взаимосвязь элементного состава организма с окружающей средой, в которой человек проживает, показана необходимость анализа не только биосубстратов человека, но и объектов окружающей среды — воздуха, почвы, вод, растительных остатков. Рассмотрены разные методы элементного анализа биосред, применяемые исследователями: нейтронно-активационный анализ, вольтамперометрия, рентгенофлуоресцентный анализ, атомно-абсорбционная, атомно-эмиссионная спектрометрия и масс-спектрометрия. Для изучаемых субстратов — крови, сыворотки, урины, слюны, волос — предложено использовать наиболее эффективный метод — масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой после микроволнового автоклавного разложения образцов. Показан опыт применения данного метода в лаборатории для анализа природных сред (почв, седиментов, различных типов вод, растений).

Ключевые слова:

биосубстраты, элементный и рентгенофлуоресцентный анализ, вольтамперометрия, атомно-эмиссионная спектрометрия, атомно-абсорбционная спектрометрия, масс-спектрометрия, лазерная абляция.

METHODS OF DETERMINATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN BIOSUBSTRATES AND IN THE ENVIRONMENT

Svetlana V. Drogozubhskaya

I. V. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw
Materials of the KSC of the RAS

Abstract

There is a correlation between the organism element composition and the environment where people live. There is a necessity to analyze the biological human substrates as well as the environmental objects — air, soil, water and plant residues. We have considered different methods of elemental analysis of biological media: neutron activation analysis, polarography, x-ray fluorescence analysis, atomic absorption, atomic emission spectrometry and mass spectrometry. The most effective analysis method for the substrates studied — blood, serum, urine, saliva and hair — is inductively coupled plasma mass spectrometry after microwave autoclave decomposition of the samples. We applied the method for the analysis of natural environments (soils, sediments, water and plants) in the lab.

Keywords:

biological substrates, elemental analysis, x-ray fluorescence analysis, polarography, atomic emission spectrometry, atomic absorption spectrometry, mass-spectrometry, laser ablation.

Чем совершеннее техника исследования состава организмов, тем большее число химических элементов находим мы в них.

А. Е. Ферсман



Введение

Первые данные по содержанию элементов в организме человека были получены еще в начале XX в. В. И. Вернадский впервые выдвинул положение о том, «что биологический вид должен иметь не только биологическое, но и геохимическое определение». Характеризуя химический состав человека, он впервые привел данные по 24 элементам, и этот оценочный уровень их средних содержаний мало отличается от самых современных оценок, т. е. почти за столетие человек немного продвинулся в познании геохимических особенностей самого себя [1].

К настоящему времени в организме человека обнаружено порядка 80 химических элементов, при этом все они в той или иной степени участвуют в процессах жизнедеятельности. По содержанию в организме элементы делятся на макро- (от 0,01 до 70 %, к ним относятся O, H, C, N, K, Mg, Fe, Na, Ca, S, Cl, P, I, Si, F) и микро- и ультрамикроэлементы (от 0,01 до долей ppm — Fe, Zn, Cu, Mn, Se, V, Ni, Cr, Sn, Mo и др.)

С точки зрения воздействия на живые системы элементы можно разделить:

- на необходимые (при их недостатке в организме возникают функциональные нарушения, устраняемые путем введения элемента);
- на инертные (при определенных концентрациях безвредные, практически не оказывают влияния на организм);
- на терапевтические агенты (могут быть токсичными, но вынуждены их применять, например, использование соединений ртути против паразитов);
- на токсичные (многие элементы при определенных концентрациях причиняют вред организму, в ряде случаев — необратимый, что ведет к функциональным нарушениям и нередко к летальному исходу) [2].

В начале XX в. проблема точной оценки содержания химических элементов в организме человека была малоизученной, в начале XXI в. она так и остается на том же уровне. Анализ элементного состава организма важен как с точки зрения оценки его состояния, так и может служить основанием для диагностики заболеваний и коррекции состояния человека. Но рассматривать состояние организма с точки зрения состава невозможно без оценки его местонахождения и состояния окружающей среды в целом.

Для определения уровня воздействия необходимо проводить исследование микроэлементного состава биосубстратов населения с одновременным изучением фактического загрязнения окружающей среды населенных мест (почва, воздух, вода, растения...). Среди наиболее часто изучаемых субстратов можно выделить кровь, сыворотку, урину, слюну, ногти, волосы.

Население нашего региона проживает в промышленно развитом районе, что, в свою очередь, определяет повышенную техногенную нагрузку на окружающую среду и человека. Вокруг крупных горно-обогатительных и горно-перерабатывающих предприятий за годы их деятельности сформировались сильно загрязненные зоны (в том числе за счет пылевых выбросов), в почвах которых отмечаются повышенные концентрации определенных элементов, наблюдается миграция этих элементов в водные объекты [3]. В окрестностях предприятий ОАО «Кольская ГМК» за годы работы сформировались депрессивные территории с высоким содержанием соединений серы, меди, никеля и других металлов [4]. Геоэкологическое состояние территории и степень ее трансформации в результате техногенеза однозначно будут влиять на элементный состав биосубстратов и самого организма человека, т. е. человек, несомненно, испытывает на себе

комплексное воздействие факторов природной среды, которое еще и усиливается климатическими особенностями нашего региона.

Основная цель исследований — выявить факторы формирования элементного состава, оценить содержание и установить закономерности распределения химических элементов в биосубстратах человека, проживающего в техногенно трансформированных условиях природной среды в Арктической зоне.

Основные задачи, сформулированные для решения поставленной цели:

1) изучить природные и техногенные факторы, которые могут влиять на элементный состав биосубстратов человека — жителей разных районов Кольского п-ова (состав почв, природных вод, пылевых выбросов);

2) оценить содержание химических элементов в биосредах человека — жителей относительно «чистых» и техногенных территорий;

3) выявить зависимость уровней накопления химических элементов в биосубстратах человека от геохимической и геоэкологической обстановки территорий его проживания;

4) предложить геохимическую модель организма человека в арктических условиях как фундаментальную основу для последующих исследований.

Материал и методика исследований

На сегодняшний день необходимо изучать химический состав различных природных сред, в том числе и элементный состав биосубстратов и самого организма человека, так как человек испытывает на себе комплексное воздействие факторов природной среды. Предлагается исследовать элементный состав цельной крови, сыворотки, урины, слюны и волос.

Для объективной оценки состояния территории и степени ее изменения необходим анализ почвы, водных объектов, пылевых выбросов предприятий в зоне проживания определенных групп населения и, при необходимости, растительных объектов. А чтобы выполнить поставленные задачи, необходимо обоснование оптимального комплекса аналитических методов для определения информативного набора химических элементов в объектах окружающей среды (почва, вода, атмосферный воздух), среды обитания (воздух помещений, краска, пыль), в биологических образцах (растения, продукты питания) и биосубстратах человека (волосы, кровь и т. д.).

Результаты и обсуждение

Человек испытывает на себе комплексное воздействие факторов природной среды. В настоящее время отсутствует количественная геохимическая характеристика человека, проживающего в арктических условиях, с учетом особенностей среды его обитания. Организм на протяжении всей жизни подвергается многофакторному воздействию окружающей среды, которая имеет в каждом регионе свои особенности (рис. 1). Они обусловлены не только влиянием экологических и климатических факторов, но и социальных, куда, несомненно, можно отнести и образ жизни (питание, вредные привычки и др.). При постоянном проживании в регионе человек адаптируется к перечисленным факторам. Вследствие наложения природных и техногенных причин формируются сложные ассоциации элементов в организме, под воздействием чего изменяются его функциональные особенности, происходит истощение адаптационных резервов, вызванных интенсивным и длительным влиянием комплекса неблагоприятных экологических факторов, в том числе и геологической среды [5–7]. Можно ли рассматривать организм человека в качестве геоиндикатора, отражающего в себе трансформации природной среды? В работе [8] показано влияние места проживания человека на элементный состав волос (табл.).

Еще В. И. Вернадский утверждал, что, несмотря на ничтожно малое содержание многих химических элементов в окружающей среде, они присутствуют в растительных и животных организмах постоянно и не случайно, т. е. химический состав организмов теснейшим образом связан с химическим составом земной коры. Однако химический облик современного человека

существенно различается, и в научной литературе все чаще, начиная с середины прошлого века, упоминают о металлизации биосферы [9].

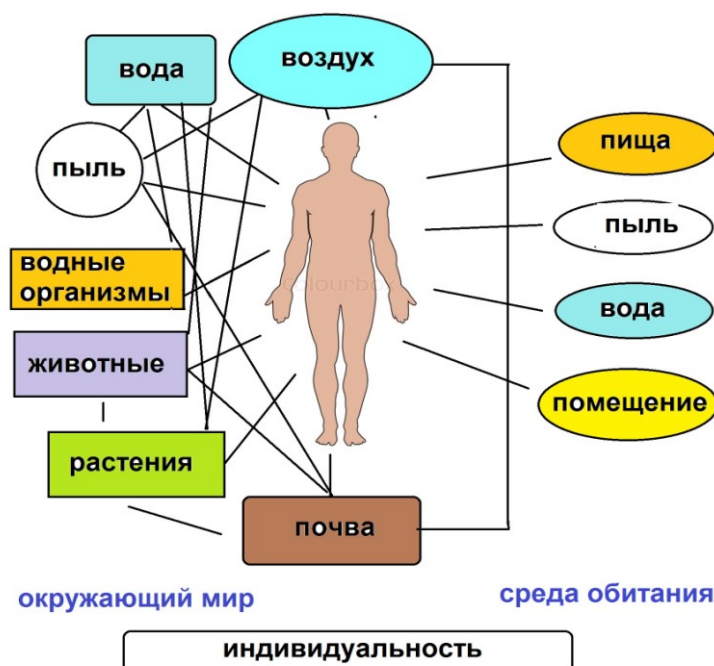


Рис. 1. Пути поступления химических элементов в организм человека

Среднестатистические концентрации микроэлементов в волосах человека, отобранных в разных регионах, мкг/кг [8]

Микроэлемент	Россия			Узбекистан, Ташкент
	Санкт-Петербург	Новосибирск	Томск	
Al	0,77–12,7	–	–	–
B	0,78–3,0	–	–	–
Ca	41–2928	120–800	–	1274±347
Cu	0,7–6,3	3–14	12,1±1,4	10,5±3,0
Fe	0,7–20	3–17	23,3±1,2	24,3±6,8
Mg	23–1275	14–90	–	–
Mn	0,4–52	0,2–1,6	–	1,07±0,74
P	36–224	120–210	–	–
Pb	0,05–8,1	0,4–2,9	1,72±0,24	–
Zn	37–1391	42–230	122,7±6,7	184,2±21,5
	Италия, Сицилия	Пакистан, Лахор	Польша, Вроцлав	Италия, Рим
Al	5,7±3,0	–	15,0±29,4	–
B	–	–	2,0±2,1	–
Ca	–	–	1088±970	163–1173
Cu	11,2±4,2	7–16	12,4±12,1	4,2–279,6
Fe	16,4±8,3	–	15,0±16,1	3,5–32,1
Mg	–	–	67,0±65,1	0,3–116,5
Mn	0,3±0,2	3–13	0,60±0,59	0,04–4,04
P	–	–	132±272	68–180
Pb	0,6±0,58	1,5–30	1,0±1,4	0,98–22,4
Zn	191±48	158–712	156,5±74,5	23,8–477

Изучением элементного состава различных биологических сред (волос, крови, слюны, мочи и разных органов) и их связи с факторами среды обитания занимаются специалисты разных направлений — химики, биологи, медики, и такой подход не только оправдан, но и необходим. В результате появились такие научные направления, как геохимическая экология болезней [5, 10–11], медицинская геология [12], металломика, где рассматриваются вопросы взаимосвязи геологических факторов и состояние здоровья человека.

Авторами [10–12] предлагаются способы восстановления баланса химических элементов в организме человека, но до сих пор нет представления о среднем оценочном уровне их содержания в норме и при патологии, с учетом региональных особенностей. Поэтому на современном этапе чрезвычайно актуальна проблема определения содержания максимально возможного количества химических элементов и установления их соотношений в органах, тканях и в целом организме человека (как в норме, так и при патологии) с учетом геохимических и климатических особенностей. Этому способствует развитие аналитических методов исследования, позволяющих определять ультранизкие микроконцентрации элементов.

Сложности изучения элементного состава организма человека связаны с рядом причин: с трудностью отбора проб (особенно биопсийного материала), физиологическими характеристиками (возрастными, половыми, наличием патологии и др.), образом жизни (курение, питание), влиянием многочисленных природных факторов и трудностями аналитических исследований из-за низких концентраций элементов в исследуемом материале. Учитывая, что в организме человека присутствуют практически все элементы таблицы Менделеева, для решения поставленных задач желательно использовать многоэлементные методы анализа с низкими пределами обнаружения (ПрО), так как множество химических элементов присутствует в живых тканях и биосредах в концентрациях от сотых до миллионных долей процента (Fe, Zn, Cu, Mn, Se, V, Ni, Cr, Sn, Mo, РЗЭ и др.).

Для определения широкого спектра элементов, присутствующих в биосубстратах, в настоящее время применяют различные методы: рентгенофлуоресцентный анализ (РФА), нейтронно-активационный анализ (НАА), вольтамперометрию (ВАМ), спектральные методы — атомно-абсорбционную (ААС), атомно-флуоресцентную (АФС), оптическую атомно-эмиссионную (АОС), в том числе с индуктивно связанной плазмой (ИСП АЭС), спектрометрию и масс-спектрометрию, в том числе с индуктивно связанной плазмой (ИСП МС).

Рентгенофлуоресцентный анализ, включая дисперсионный вариант, — удобный, доступный, неразрушающий метод, позволяющий определять элементы на уровне 10^{-4} % до 100 %. Он требует минимальной пробоподготовки и может с успехом применяться для определения многих элементов (особенно после К), однако специфические особенности ряда образцов (почв, биосубстратов) накладывают ограничения на точность и воспроизводимость анализа и требуются специальные однотипные стандарты для РФА. Несмотря на существенный прогресс техники РФА, этот метод анализа не является общепризнанным методом количественного анализа биосред и чаще всего применяется для оценки макросостава при экспресс-анализе, например для исследования человеческих зубов и костей, а также образцов, полученных при операциях на живых органах и тканях [13]. Метод позволяет проводить локальный анализ с построением карты распределения элементов на поверхности. Рентгенофлуоресцентный микроанализ может быть использован в медицине для решения многих проблем при изучении роли макро- и микроэлементов при различных заболеваниях, в исследовании биосубстратов при диагностике, изучении влияния загрязненности окружающей среды на здоровье человека, определении токсичных металлов в связи с профилактикой профессиональных заболеваний и т. д. [14–15]. Основными ограничениями метода является его недостаточная чувствительность.

Метод нейтронно-активационного анализа с успехом применяется томскими учеными. Малодоступный, дорогой метод, многоэлементный анализ можно применять без стандартных образцов состава, основан на использовании ядерных реакций деления и реакций, приводящих к образованию радиоактивных изотопов и изомеров, обладает высокой чувствительностью [16, 17].

Дифференциальная вольтамперометрия авторами [15] использовались для определения микроэлементов тяжелых металлов в биосубстратах, в том числе волосах. Метод доступный, достаточно дешевый, но позволяет определять одновременно ограниченное число металлов и требует длительной пробоподготовки. Дифференциальная ВАМ недостаточно чувствительна, в то же время инверсионная позволяет определять элементы на уровне 10^{-3} – 10^{-8} %.

Метод атомно-абсорбционной спектрометрии (с пламенной и электротермической атомизацией (ААС ЭТА)) хорошо подходит для решения ряда конкретных задач, метод одноэлементный [18], ряд элементов не определяется. Недостаточна производительность для массового мониторинга и скрининга — проблемы, которые ограничивают использование этого метода. Вопросы, связанные с наличием матричных помех, минимизации которых способствует минерализация и разбавление пробы, решаются с использованием Зеемановской коррекции фона, концепции температурно-стабилизированной печи, применением платформы Львова и модификаторов. Пламенный вариант ААС позволяет определять Na, K, Rb, Cs, Ca, Mg, для определения Pb, Zn, Cd, Cu, As, Se, Mn, Ni, Fe и др. используют вариант с графитовым атомизатором, для ртути — специализированный ртутный анализатор [19].

Атомно-эмиссионная спектрометрия (АОС и ИСП АЭС) — метод одновременного многоэлементного анализа является одним из главных при анализе биосред, особенно при определении Si, Ca, K, Fe, P, а также Mg, Sr, Ba, B, Na, Ni, Zn, Cu, Co, Li, Pb, Ti, Al и др. Метод ИСП АЭС гораздо проще ААС методически, себестоимость элементопределения сравнима с пламенным вариантом ААС и заметно ниже, чем у метода ААС с графитовым атомизатором. Метод позволяет одновременно определять до 20–25 элементов, а иногда и 30–35 элементов без выделения и концентрирования. Подходит для массового скрининга и мониторинга, однако при анализе биосубстратов в ряде случаев недостаточно предела обнаружения для ряда элементов. Методика АОС с дуговым возбуждением позволяет определять порядка 25 элементов (Ca, Mg, P, Si, Zn, Al, Fe, Cu, Mn, As, Ba, Pb, Ti, Sr, B, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Sn, Mo, Ni, Zr, Ag) в волосах человека после озоления с целью определения элементного статуса и диагностики различных заболеваний [20].

Разработана методика атомно-эмиссионного анализа волос человека с предварительной кислотной минерализацией образцов и возбуждением спектра проб сухого остатка минерализата волос с торца угольного электрода в дуге переменного тока. По разработанной методике проведен анализ образцов волос на содержание Al, B, Ca, Cu, Mg, Mn, Fe, P, Pb, Zn [8]. Однако более простым и приемлемым является метод ИСП АЭС. Растворы, полученные после кислотного разложения биосубстратов, вводят в индуктивно связанную плазму и одновременно или последовательно определяют группу элементов [21]. Таким образом, ИСП АЭС является эффективным методом при умеренной чувствительности.

Самым перспективным и широко используемым методом определения микроэлементов является ИСП МС — мощный и многоцелевой метод, который существенно повлиял на развитие многих естественно-научных областей и даже привел к появлению новых научных дисциплин. Его достоинства общеизвестны: высокая чувствительность, широкий динамический диапазон, хорошая воспроизводимость результатов, применимость для детектирования большинства химических элементов, в том числе Вг и I, информативность и надежность. Для получения достоверного масс-спектра вещества даже на рутинном масс-спектрометре достаточно 10^{-9} – 10^{-10} г вещества. При анализе большинства биосубстратов с низкими содержаниями микроэлементов метод ИСП МС обычно не имеет альтернативы [21]. Себестоимость ИСП МС-определений сопоставима за счет большего числа определяемых элементов и высокой производительности.

Методики МС-измерения около 10 лет используются в практике социально-гигиенического мониторинга при формировании и реализации программ по гигиенической оценке ситуации и диагностики нарушений здоровья, ассоциированных с негативным воздействием факторов среды обитания [22], и в разработке региональных фоновых уровней содержания химических элементов в биосредах с учетом места проживания. Помимо МС с индуктивной плазмой, для анализа используют масс-спектрометрию высокого разрешения — более дорогостоящий метод, но позволяющий убирать возможные спектральные помехи (наложение сигналов полиатомных ионов), и времяпролетную МС, основанную на лазерной десорбции/ионизации [23]. В последнее время появились публикации о применении метода ИСП МС с лазерной абляцией для прямого анализа биосубстратов, картирования образцов для оценки распределения тех или иных элементов по образцу. С помощью лазера производится прямой отбор пробы, без стадии предварительного разложения [24, 25].

При анализе биосред методы ИСП АЭС и ИСП МС очень хорошо сочетаются и дополняют друг друга: для определения макрокомпонентов лучше использовать атомно-эмиссионную спектрометрию, для определения микрокомпонентов — масс-спектрометрию, особенно после микроволнового автоклавного разложения. Важными моментами такого разложения являются: полнота минерализации пробы, отсутствие потерь летучих элементов, таких как Hg, As, Se и др., особенно на этапе подготовки пробы [26].

При анализе объектов окружающей среды эффективен ИСП МС. В лаборатории химических и оптических методов анализа ИХТРЭМС КНЦ РАН он широко применяется при выполнении анализа различных типов вод, почв, седиментов, растительных и животных остатков, в связи с чем были разработаны методики кислотного автоклавного вскрытия. Для этого используются микроволновые системы Speed Wave MWS-3+ и MW-4 (Berghof, Германия). Элементный анализ образцов выполняется на квадрупольном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой ELAN-9000 DRC-e (PerkinElmer, США), с динамической реакционной ячейкой для устранения масс-спектральных интерференций. Прибор снабжен лазерным испарителем UP-266 MACRO (New Wave Research, Великобритания) с Nd:YAG лазером, для анализа твердых образцов.

Выводы

Таким образом, среди всех рассмотренных методов масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой является самым оптимальным методом для решения поставленных задач. Автоклавное микроволновое разложение биосубстратов обеспечивает полное вскрытие образцов без потери легколетучих элементов, что позволяет проводить одновременный анализ нескольких десятков аналитов. Метод широко применим для анализа объектов окружающей среды, в сочетании с атомно-эмиссионной спектрометрией и индуктивно связанной плазмой позволяет расширить перечень определяемых элементов и достоверность анализа трудных для ИСП МС макроэлементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вольфсон И. Ф.* Химические элементы в организме человека и методы их определения // Химический анализ и медицина: сб. тез. I Всерос. конф. с междунар. участием, (Москва, 9–12 ноября 2015 г.). М., 2015. С. 22–24.
2. *Лиходумова И. Н.* Роль природообусловленных и антропогенных факторов риска в формировании здоровья населения региона // Ползуновский вестник. 2008. № 4. С. 134–138.
3. Влияние климатических, гидрологических и геоморфологических условий на формирование химического состава водных объектов, расположенных в импактной зоне медно-никелевого комбината в условиях Субарктики / *И. П. Кременецкая [и др.]* // Охрана окружающей среды от негативного воздействия хозяйственной деятельности / под ред. Д. В. Елисеева. Новосибирск, 2015. С. 73–111.
4. Изменение свойств техногенно загрязненного грунта при использовании карбонатитового мелиоранта в зоне воздействия медно-никелевого комбината / *М. В. Слуковская [и др.]* // Труды Карельского научного центра РАН. 2013. № 6. С. 133–142.
5. *Гичев Ю. П.* На пути к экологической медицине // На пути к устойчивому развитию России. Окружающая среда и здоровье: бюлл. / Центр экологической политики России. 2006. В. 35. С. 30–35.
5. *Ревич Б. А., Сидоренко В. Н.* Ущерб здоровью населения от загрязнения окружающей среды // На пути к устойчивому развитию России. Окружающая среда и здоровье: бюлл. / Центр экологической политики России. 2006. В. 35. С. 3–4.
6. *Lindh U.*

Biological functions of the elements // *Essentials of Medical Geology*. 2005. P. 115–160. 7. *Дробышев А. И., Рядчикова Н. А., Савинов С. С.* Атомно-эмиссионный анализ волос человека на содержание микроэлементов // *ЖАХ*. 2016. Т. 71, № 7. С. 745–750. 8. Химический элементный состав органов и тканей человека и его экологическое значение / *Л. П. Рихванов [и др.]* // *Геохимия*. 2011. № 4. С. 779–784. 9. *Сусликов В. Л., Субеди Д., Тхакур Б.* Методологическое обоснование проблем геохимической экологии болезней и исходные принципы первичной профилактики // *Современные проблемы науки и образования*. 2009. № 6, ч. 2. С. 41–44. 10. Жизнедеятельность и биосфера / *В. А. Алексеев [и др.]*. М.: Логос, 2005. 232 с. 11. *Скальный А. В., Рудаков И. А.* Биоэлементы в медицине. М.: ОНИКС, 2004. 272 с. 12. *Болотоков А. А., Куприянова Т. А., Филиппов М. Н.* Микрофокусная рентгенофлуоресцентная спектрометрия и ее применение для анализа биологических образцов // *Химический анализ и медицина: сб. тез. I Всерос. конф. с междунар. участием (Москва, 9–12 ноября 2015 г.)*. М.: КАСКОН, 2015. 156 с. 13. *Харисчаривили И. З., Горгошидзе Б. Е.* Анализ микроэлементного состава волос рентгенофлуоресцентным методом и его значение в деле диагностики заболеваний человека // *Экспериментальная и клиническая медицина*. 2006. Т. 32, № 7. С. 65–67. 14. Определение тяжелых металлов в волосах человека методами дифференциальной импульсной полярографии и рентгеновской флуоресцентной спектроскопии / *Дж. И. Джапаридзе [и др.]* // *Український журнал з проблем медицини: прац.* 2008. Т. 14, № 2. С. 58–63. 15. *Мартыросов Э. Г., Николаев Д. В., Руднев С. Г.* Технологии и методы определения состава тела человека. М.: Наука, 2006. 248 с. 16. *Корогод Н. П., Шаймарданова Б. Х., Асылбекова Г. Е.* Оценка накопления токсичных элементов в биосубстратах промышленного центра Казахстана // *Современные проблемы науки и образования*. 2009. № 6. 17. Determination of Cd in Blood by Microwave-Induced Combustion Coupled to Flame Furnace Atomic Absorption Spectrometry / *L. Hoehne [et al.]* // *J. Braz. Chem. Soc.* 2010. Vol. 21, No. 6. P. 978–984. 18. *Степанова М. В., Еремейшвили А. В.* Физическое развитие детей дошкольного возраста и микроэлементный статус // *Ярославский педагогический вестник*. 2011. № 3, т. III. С. 60–66. (Естественные науки). 19. Элементный анализ волос методом дуговой атомно-эмиссионной спектрометрии с целью диагностики заболеваний / *В. И. Отмахов [и др.]* // *Химический анализ и медицина: сб. тез. I Всерос. конф. с междунар. участием (Москва, 9–12 ноября 2015 г.)*. М.: КАСКОН, 2015. С. 134. 20. Комплексный подход к элементному анализу волос с использованием ИСП-МС и ИСП-АЭС / *Е. П. Серебрянский [и др.]* // *Микроэлементы в медицине*. 2003. № 4. С. 41–46. 21. *Уланова Т. С., Гилева О. В.* Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой в современных гигиенических исследованиях // *Химический анализ и медицина: сб. тез. I Всерос. конф. с междунар. участием (Москва, 9–12 ноября 2015 г.)*. М.: КАСКОН, 2015. С. 56–57. 22. *Симакина Я. И., Бородков А. С., Гречников А. А.* Высококчувствительное определение металлов и их комплексных соединений в биологических жидкостях методом лазерной десорбции-ионизации // *Химический анализ и медицина: сб. тез. I Всерос. конф. с междунар. участием (Москва, 9–12 ноября 2015 г.)*. М.: КАСКОН, 2015. С. 102. 23. Direct analysis of dried blood spots by femtosecond-laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry. Feasibility of split-flow laser ablation for simultaneous trace element and isotopic analysis / *M. Aramend [et al.]* // *J. Anal. At. Spectrom.* 2015. 296. P. 296–309. 24. Elemental Bioimaging in Kidney by LA-ICP-MS As a Tool to Study Nephrotoxicity and Renal Protective Strategies in Cisplatin Therapies / *E. Moreno-Gordaliza [et al.]* // *Anal. Chem.* 2011. 83 (20). P. 7933–7940. 25. *Башилов А.* Определение тяжелых металлов в БАДах, лекарственных растениях, биологических жидкостях методами ААС, ИСП-ОЭС, ИСП-МС после микроволновой пробоподготовки // *Химический анализ и медицина: сб. тез. I Всерос. конф. с междунар. участием (Москва, 9–12 ноября 2015 г.)*. М.: КАСКОН, 2015. С. 6.

Сведения об авторах:

Дрогобужская Светлана Витальевна — кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им И. В. Тананаева КНЦ РАН
E-mail: Drogo_sv@chemy.kolasc.net.ru

Author Affiliation

Svetlana V. Drogobuzhskaya — PhD (Chemistry), Associate Professor, Senior Researcher of the I. V. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials of the KSC of the RAS
E-mail: Drogo_sv@chemy.kolasc.net.ru

Библиографическое описание статьи

Дрогобужская, С. В. Методы определения химических элементов в биосубстратах и окружающей среде / *С. В. Дрогобужская* // *Вестник Кольского научного центра РАН*. — 2017. — № 4 (9). — С. 50–57.

Reference

Drogobuzhskaya Svetlana V. Methods of Determination of Chemical Elements in Biosubstrates and in the Environment. *Herald of the Kola Science of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 50–57. (In Russ.).

УДК 669:613.6

ПЫЛЕВЫЕ ВЫБРОСЫ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА И ПОСЛЕДСТВИЯ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

А. Г. Касиков

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. В. И. Тананаева КНЦ РАН

Аннотация

Работники находящихся на Крайнем Севере предприятий, подверженные в процессе деятельности интенсивному воздействию выбросов медно-никелевого производства, особенно пирометаллургических переделов, имеют повышенный процент заболеваемости и меньшую продолжительность жизни. В проведенном исследовании представлен химический анализ металлургической пыли АО «Кольская ГМК». Установлено, что наиболее тонкие пыли состоят из микро- и наночастиц и, помимо никеля, могут быть обогащены мышьяком, свинцом, кадмием, селеном и таллием, избыточное поступление которых в организм приводит не только к различным заболеваниям, но и вызывает дефицит ряда эссенциальных микроэлементов. Обсужден вопрос повышенного токсического воздействия пылевых выбросов в разных регионах, и предложено введение для Крайнего Севера более жестких предельно допустимых концентраций для атмосферы рабочей зоны.

Ключевые слова:

пыль, медно-никелевое производство, выбросы, токсичные элементы, никель, свинец, кадмий, ванадий, наночастицы, предельно допустимые концентрации (ПДК).

PARTICULATE EMISSIONS FROM COPPER-NICKEL PRODUCTION AND THE CONSEQUENCES OF THEIR IMPACT ON HUMAN BODY IN THE FAR NORTH

Alexander G. Kasikov

V. I. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials of the KSC of the RAS

Abstract

It has been shown, that workers of enterprises, located in the Far North exposed to intensive effects of the emissions of copper-nickel production, particularly pyrometallurgical processes, have an increased rate of morbidity and lower life expectancy. The chemical analysis of the Kola MMC, JSC metallurgical dust is given. It has been established that the fine dust is composed of micro and nanoparticles and in addition nickel can be enriched with arsenic, lead, cadmium, selenium and thallium, their excessive intake in organism causes not only various diseases, but also deficiency of some essential trace elements. The increased toxic effects of dust emissions in different regions are discussed and introduction of more stringent MPC for the atmosphere of the working area in the Far North, has been proposed.

Keywords:

dust, copper and nickel production, emissions, toxic elements, nickel, lead, cadmium, vanadium, nanoparticles, MPC.



Введение

На организм человека, проживающего на Севере, воздействуют различные негативные факторы, влияющие на функционирование всех систем организма, включая минеральный обмен. Жители Севера подвержены так называемому синдрому полярного напряжения [1, 2], вызванному холодной погодой, контрастной фотопериодикой, скачками давления, возмущениями ионосферы и дисбалансом микроэлементов. При полярном напряжении наблюдаются различные патологии, при которых страдает весь организм

человека. Установлено, что у жителей северных регионов наблюдается развитие зоба даже при достаточности йода [3]. Особенно сильное воздействие испытывают мигранты, у которых адаптация к Северу выражена в меньшей степени, чем у аборигенов [4].

Очевидно, что при дополнительном воздействии на организм человека неблагоприятных экологических факторов синдром «полярного напряжения» будет только увеличиваться, что, в свою очередь, вызовет рост числа заболеваний и значительное сокращение продолжительности жизни. Например, продолжительность жизни работников комбинатов ГМК «Норильский никель» на 10 лет меньше, чем в среднем по России [5]. Без сомнения, климатический фактор Заполярья негативно сказывается на здоровье, но у жителей Норильска, проживающих на территориях, подверженных загрязнению, общий уровень заболеваемости примерно на 30 % выше, чем у жителей Дудинки. Особенно велико превышение по онкологическим заболеваниям, которые у жителей Норильска развиваются в 1,7 раза чаще, чем в среднем по России, а у тех, кто проживает в центре промышленной зоны, — в 2,7 раза. В первую очередь это связано с тем, что норильчане до 75 раз в год испытывают воздействие вредных веществ в концентрациях, превышающих максимально разовые ПДК в 5–10 раз [6].

У работников металлургического производства уровень заболеваемости еще выше. Распространенность, например, заболеваний пародонта у работников никелевого завода Заполярного филиала НГМК «Норильский никель» оказалась в 1,7 раза, а слизистой ротовой полости — в 8,5 раза выше, чем у жителей Норильска, не работающих на заводе [7].

Не лучше ситуация и в Мурманской обл., которая занимает 4-е место по уровню профессиональной заболеваемости в Российской Федерации, что связывается в основном с выбросами Кольской ГМК. Например, среднегодовые концентрации нерастворимых соединений никеля в атмосферном воздухе городов Никель и Заполярный достигают 12–20 мкг/м³, что превышает ПДК в 12–20 раз.

Обследование населения, проведенное в Мончегорске, показало, что частота онкологических заболеваний у людей, работающих на комбинате «Североникель», в 3 раза выше, чем у жителей, не занятых на предприятии [5], чему причиной является выброс в атмосферу канцерогенных элементов, в первую очередь никеля, который Международным агентством по изучению рака отнесен к I группе канцерогенных веществ.

В связи с высокой токсичностью выбросов проведен ряд онкоэпидемиологических исследований. При этом установлено, что наибольшая смертность зарегистрирована у работников пирометаллургического производства, которые подвержены интенсивному воздействию пылевых выбросов [5]. Помимо роста онкозаболеваний, воздействие никеля на организм проявляется также в нарушении репродуктивной функции у работников никелевого производства [8].

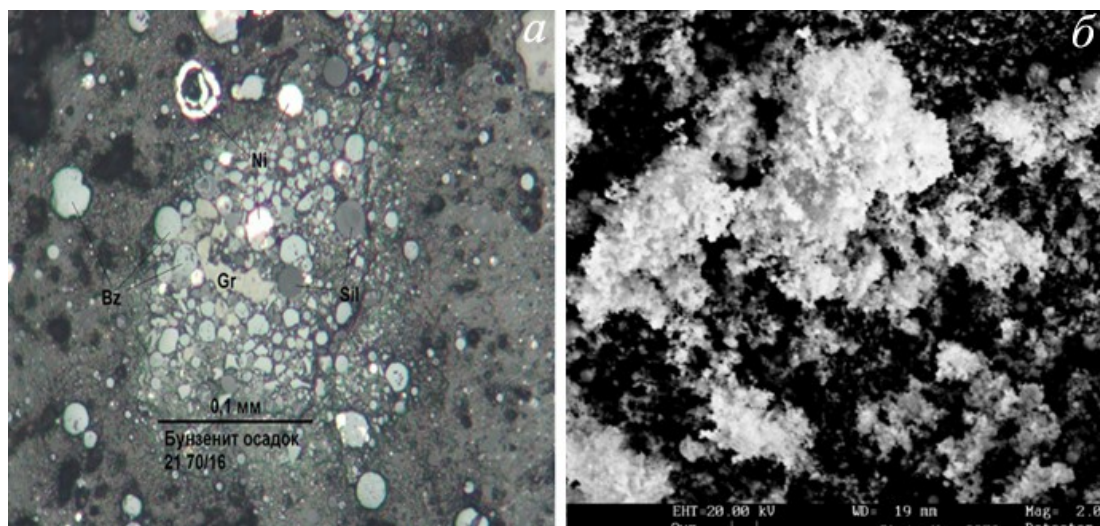
Влияние пылевых выбросов на загрязнение атмосферы высокотоксичными металлами

Токсичность пылевых выбросов медно-никелевого производства определяется не только наличием в них никеля: многие токсичные элементы характеризуются высокой летучестью и при высокотемпературном рафинировании сульфидного медно-никелевого сырья легко переходят в газовую фазу. Высокая запыленность пирометаллургических производств обусловлена также тем, что пыль в основном перерабатывается путем оборота на обжиг или плавку. При загрузке пыли происходит дополнительное загрязнение атмосферы рабочей зоны.

Основное количество тонкой пыли улавливается фильтрами, но часть наиболее мелкой пыли неизбежно поступает в атмосферу. Пыль комбината «Североникель», помимо никеля и меди, обогащена свинцом и цинком (табл. 1). Еще выше концентрация высокотоксичных элементов в тонкой конвертерной пыли плавильного цеха комбината «Печенганикель» и никелевого завода Заполярного филиала НГМК «Норильский Никель», где содержание свинца и мышьяка превышает 5 %. Обращает на себя внимание присутствие в конвертерной пыли таких высокотоксичных элементов, как кадмий и таллий.

Дополнительное количество никеля выбрасывается в атмосферу при сжигании мазута, на котором работает часть ТЭЦ арктического региона. Так, в пробе летучей золы, отобранной на ТЭЦ г. Заполярный, содержание никеля составило 3 мас. %. Помимо никеля, летучая зола содержала 8 мас. % ванадия. В зависимости от вида сжигаемого мазута летучая зола может содержать и другие тяжелые металлы [10].

Тонкие пыли (табл. 1) имеют размер частиц преимущественно менее 5 мкм. Наиболее тонкая анодная пыль, которую стали улавливать в последнее время на комбинате «Североникель» с помощью рукавных фильтров КЕЛ (рис.), состоит в основном из еще более мелких частиц, включая наноразмерные.



Микрофотографии тонкой пыли никелевой анодной плавки, отобранной из рукавных фильтров металлургического цеха Кольской ГМК (анализ выполнен В. В. Семушиным):

a — микрочастицы; *б* — микро- и наночастицы пыли

Таблица 1

Содержание токсичных элементов (мас. %) в тонкой пыли предприятий ГМК «Норильский Никель»

№ п/п	Вид пыли	Ni	Cu	Pb	Zn	Cd	Se	Tl	As
1	Тонкая пыль никелевой анодной плавки								
	из электрофильтров	40–60	5–7	0,2–0,5	0,5	–	0,1	–	–
	из рукавных фильтров	40–50	5–6	0,5–0,9	0,9	–	0,2	–	0,5
2	Пыль от обжига никелевого концентрата в печах КС	33–63	8–9	0,1–0,9	0,005	0,002	0,02–3	0,002	2–6
3	Тонкая конвертерная пыль комбината «Печенганикель»	3–10	2–5	8–13	1,5–2,5	0,25	0,1–0,2	0,02	2–6
4	Конвертерная пыль никелевого завода	6,4–7,3	6	1,7–3,6	1–2	–	–	–	2–5

Примечание. Пыли 1–2 отобраны в металлургическом цехе комбината «Североникель», 3 — в г. Никеле из электрофильтров плавильного цеха и проанализированы в аналитическом отделе ИХТРЭМС КНЦ РАН (аналитики Н. В. Серба и С. В. Дрогобужская), 4 — г. Норильск, по данным работы [9].

Взаимодействие наночастиц с биологическими объектами может приводить к их встраиванию в мембраны и проникновению в клетки, взаимодействию с нуклеиновыми кислотами, белками и различными классами органических соединений (липидами, полисахаридами и др.), что в итоге вызывает изменение функции различных биологических структур [11]. Следует отметить, что проникновение наноразмерных частиц в организм происходит не только с вдыхаемым воздухом, предполагается, что сенсорные окончания нейронов, входящие в дерму, также служат каналом проникновения наночастиц в организм человека и животных.

Влияние токсичных элементов на организм человека

Опасность тяжелых металлов состоит не только в их способности вызывать острые отравления, но и в том, что они плохо выводятся из человеческого организма. Регулярное попадание в организм тяжелых металлов ведет к их постепенному накоплению в организме, что приводит к тяжелым поражениям жизненно важных органов и нервной системы, а также отрицательно влияет на наследственность. Конкретные последствия избыточного воздействия наиболее токсичных компонентов пыли представлены в табл. 2. Большинство элементов относятся к I классу опасности, причем на примере содержащегося в выбросах ТЭЦ пентаоксида ванадия видно, что класс опасности зависит от размера частиц.

Таблица 2

Предельно допустимы концентрации и характеристика токсического действия элементов и их соединений

Элемент	ПДК в воздухе рабочей зоны *	Класс опасности	Последствия избыточного поступления в организм [12, 13]
Ni и его соединения	0,0005–0,05	1	Аллергия, дерматиты, снижение функции легких, бронхит, ингибирование синтеза ДНК, онкологические заболевания, особенно часто рак легких
Pb	0.005	1	Накапливается в костях. Блокирует или снижает деятельность некоторых ферментов. Вызывает анемию, поражает почки и мозг, снижает интеллект
As	0,01	2	Острая почечная и печеночная недостаточность, внутрисосудистый гемолиз, поражение нервной системы
Cd	0,01	1	Поражение почек, анемия. Остеопороз. Деформация скелета, развитие гипертонии. Ингибирует ДНК и нарушает их синтез, увеличивает концентрацию кальция в печени. Блокирует синтез витамина D
SeO ₂ **	0,1	1	Анемия, нарушение функции печени и сердца
V ₂ O ₅	Дым — 0,1	1	При избыточном поступлении ванадия развивается оксидативный стресс, который приводит к разрывам цепи ДНК и другим нарушениям. Ингибирует или стимулирует РНК-ферменты, что вызывает генотоксические и мутагенные эффекты. Раздражает глаза и верхние дыхательные пути
	Пыль — 0,5	2	
Tl	0,01	1	Нарушает функционирование различных ферментных систем, ингибирует их и препятствует синтезу белков. Вызывает выпадение волос. Через несколько недель после отравления таллием возможна внезапная смерть, связанная с остановкой сердца

* ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

** Требуется специальная защита кожи и глаз.

Воздействие токсичных элементов не ограничивается только вредным влиянием на отдельные органы. Избыточное поступление тяжелых металлов может приводить к нарушению минерального обмена. Как показано А. В. Скальным (табл. 3), избыток одних элементов вызывает дефицит других элементов, включая эссенциальные. Избыточное поступление токсичных элементов в организм приводит к дефициту селена (табл. 3). Свинец способен вызвать нарушение обмена цинка, а также кальция, который является макроэлементом и принимает активное участие в минеральном обмене.

Таблица 3

Взаимное влияние элементов по данным работы [14]

Элемент	Приводит к дефициту	Элемент	Приводит к дефициту	Элемент	Приводит к дефициту
Hg	Se	Fe	Cu, Zn	Zn	Cu, Fe
As	Se	Mn	Mg, Cu	Pb	Ca, Zn
Cd	Se, Zn	Mo	Cu	Cu	Zn, Mo
Ca	Zn, P				

Заключение

Тонкие пыли медно-никелевого производства характеризуются высокой токсичностью, так как содержат относящиеся в основном к I классу опасности элементы и состоят из микро- и наночастиц, обладающих высокой проникающей способностью.

В связи с тем, что в условиях Крайнего Севера негативный эффект воздействия выбросов на организм человека усиливается, целесообразно проводить районирование при установлении норм ПДК.

Снизить токсичное воздействие элементов возможно за счет приема некоторых пищевых добавок, способствующих выводу тяжелых металлов из организма. Однако более правильным решением данной проблемы является модернизация медно-никелевого производства и организация гидрометаллургической переработки промежуточных продуктов и отходов, что не только позволит снизить выбросы тяжелых металлов в атмосферу, но и получить дополнительную продукцию в виде концентратов редких и благородных металлов [15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гудков А. Б., Попова О. Н., Лукманова Н. Б. Эколого-физиологическая характеристика климатических факторов Севера: обзор литературы // Экология человека. 2012. № 1. С. 12–17.
2. Белишева Н. К. Особенности функционального состояния организма человека и живых систем в условиях Заполярья // Наука и развитие техносферы Заполярья: опыт и вызовы времени: материалы междунар. конф. (Апатиты, 29 ноября – 1 декабря 2005 г.). Апатиты, 2005. С. 42–45.
3. Агеев К. И., Горбачев А. Л., Шуберт Э. Е. Макроанатомия щитовидной железы у жителей г. Магадана // Фундаментальные исследования. 2011. № 6. С. 18–22.
4. Квашина С. И. Здоровье населения на Севере России (социально-гигиенические и экологические проблемы). Ухта: УГТУ, 2001. 260 с.
5. Горно-металлургическая компания «Норильский никель» (влияние на окружающую среду и здоровье людей): докл. объединения Bellona. 2010. 70 с. URL: www.bellona.ru.
6. Куркатов С. В., Тихонова И. В., Иванова О. Ю. Оценка риска воздействия атмосферных загрязнений на здоровье населения г. Норильска // Гигиена и санитария. 2015. № 2. С. 28–31.
7. Федорова Н. Г., Тумшевиц О. Н. Исследование стоматологического статуса и оценка эффективности профилактических мероприятий в группе работников металлургии на Крайнем Севере (г. Норильск) // Сибирский медицинский журнал. 2007. № 6. С. 76–78.
8. Роль производственных факторов риска в формировании репродуктивных эффектов у работников никелевых предприятий Крайнего Севера / А. Никанов [и др.] // Экология человека. 2009. № 6. С. 44–46.
9. Наветанович М. Л., Ромазанова И. И. Исследования технологии выщелачивания свинца и цинка из пылей электрофильтров конвертеров Норильской ГМК: сб. науч. тр. Л.: Гипроникель, 1985. С. 68–70.
10. Выявление источника пылевых осадений при оценке качества воздуха / Т. Т. Горбачева [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. 2016. № 8. С. 43–47.
11. Пути поступления наночастиц в организм млекопитающих, их биосовместимость и клеточные эффекты / О. А. Подкопная [и др.] // Успехи современной биологии. 2012. Т. 132, № 1. С. 3–15.
12. Дабахов М. В., Дабахова Е. В., Тумова В. И. Экотоксикология и проблемы

нормирования / Нижегород. гос. с.-х. академия. Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. 165 с. **13.** *Тарантин А. В., Землянова М. А.* Эссенциальная роль и токсические эффекты ванадия: обзор литературы // Экология человека. 2015. № 12. С. 59–64. **14.** *Скальный А. В.* Микроэлементы в медицине. Гигиеническая диагностика и коррекция // Микроэлементы в медицине 2000. № 1. С. 2–8. **15.** *Арешина Н. С., Касиков А. Г.* Возможности получения дополнительной продукции при решении проблем утилизации медьсодержащих отходов и возвратных продуктов газоочистки на комбинате «Североникель» // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2014. № 3. С. 101–103.

Сведения об авторе

Касиков Александр Георгиевич — кандидат химических наук, член-корр. МАНЭБ, заведующий сектором гидрометаллургии кобальта, никеля и благородных металлов ИХТРЭМС КНЦ РАН

E-mail: kasikov@chemy.kolasc.net.ru

Author Affiliation

Aleksander G. Kasikov — PhD (Chemistry), Corresponding Member of International Academy of Ecology and Life Protection Sciences, Head of Sector at the I. V. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials of the KSC of the RAS

E-mail: kasikov@chemy.kolasc.net.ru

Библиографическое описание статьи

Касиков А. Г. Пылевые выбросы медно-никелевого производства и последствия их воздействия на организм человека в условиях Крайнего Севера / *А. Г. Касиков* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 4 (9). — С. 58–63.

Reference

Kasikov Alexander G. Particulate Emissions from Copper-Nickel Production and the Consequences of their Impact on Human Body in the Far North. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 58–63. (In Russ.).

УДК 549.579

МИНЕРАЛЬНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ЦИАНОБАКТЕРИЯХ ИЗ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЮГА РЕСПУБЛИКИ КОМИ*

В. И. Каткова, Т. П. Митюшева, В. Н. Филиппов, Ю. С. Симакова
ФГБУН Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Аннотация

Проведены исследования состава и структуры минералов в цианобактериях рода *Rivularia* из солоноватого водотока на территории Сереговского сользавода и рода *Gloeotrichia* из ультрапресных озер юга Республики Коми. Показано, что в гликокаликсе колоний *Rivularia* ex situ формируется кальцит в виде скелетных кристаллов и шестоватых агрегатов. Отложение карбоната кальция происходит на поверхности чехлов в виде облекания нитей цианобактерий, их отпечатков и полных псевдоморфоз. В гликокаликсе колоний рода *Gloeotrichia* обнаружен аутигенный уэвеллит, кальцит содержится в незначительных количествах.

Ключевые слова:

кальцит, минерал, структура, цианобактерии, *Rivularia*, *Gloeotrichia*, гликокаликс.

MINERAL INCLUSIONS IN CYANOBACTERIA FROM WATER OBJECTS OF SOUTHERN KOMI REPUBLIC

Valentina I. Katkova, Tatjana P. Mityusheva, Basil N. Filippov, Yuliya S. Simakova
Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the RAS, Syktyvkar

Abstract

We have studied the composition and structure of minerals in cyanobacteria (Nostocales) genus *Rivularia* from the salty stream on the territory of Seregovo salt mill and genus *Gloeotrichia* from the ultrafresh lakes (south of the Komi Republic). Due to the change of physical and chemical conditions ex situ, crystalline calcite is formed in the glycocalyx of Rivulyariya colonies in the form of skeletal crystals and columnar aggregates. It has been shown that deposition of calcium carbonate occurs on the surface of the covers in the form of enveloping cyanobacterial filaments, their imprints and complete pseudomorphs. In the glycocalyx of *Gloeotrichia* colonies from natural lakes calcite is contained in insignificant quantity, but all the examined samples represent an authigenous whewellite formed in situ.

Keywords:

calcite, mineral, structure, cyanobacteria, *Rivularia*, *Gloeotrichia*, glycocalix.

Введение

Исследование современного биоминералообразования в результате жизнедеятельности организмов имеет большое значение для понимания вопросов генезиса карбонатных и других осадков. Огромная роль принадлежит цианобактериям в образовании осадочных пород и связанных с ними многих полезных ископаемых [1]. Кальцификация цианопрокариотами наблюдается в пресных и соленых водах [2].

Цель работы — выявление особенностей состава и структуры микроминералов, формирующихся в цианобактериальных сообществах, обитающих в разных по составу водах юга Республики Коми (бассейн р. Вычегда).

*Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 15-18-5-5.

Фактический материал и методы исследований

Объектами исследований послужили колонии цианобактерий порядка ностокальных (род *Rivularia*, 8 проб), изъятых из солоноватого техногенно измененного водотока (ручей Богодельский) на территории с. Серегово в зоне влияния сользавода (рис. 1). Воды руч. Богодельский имеют хлоридно-натриевый состав с минерализацией 4,2 г/л и высокие концентрации ионов Na, Cl, S и микрокомпонентов (табл. 1), которые могут быть токсичными для жизнедеятельности живых организмов. Колонии цианобактерий, прикрепленные к обломку горной породы, хранились в пробирке с природной водой при температуре +4 °С с июля по октябрь 2016 г.

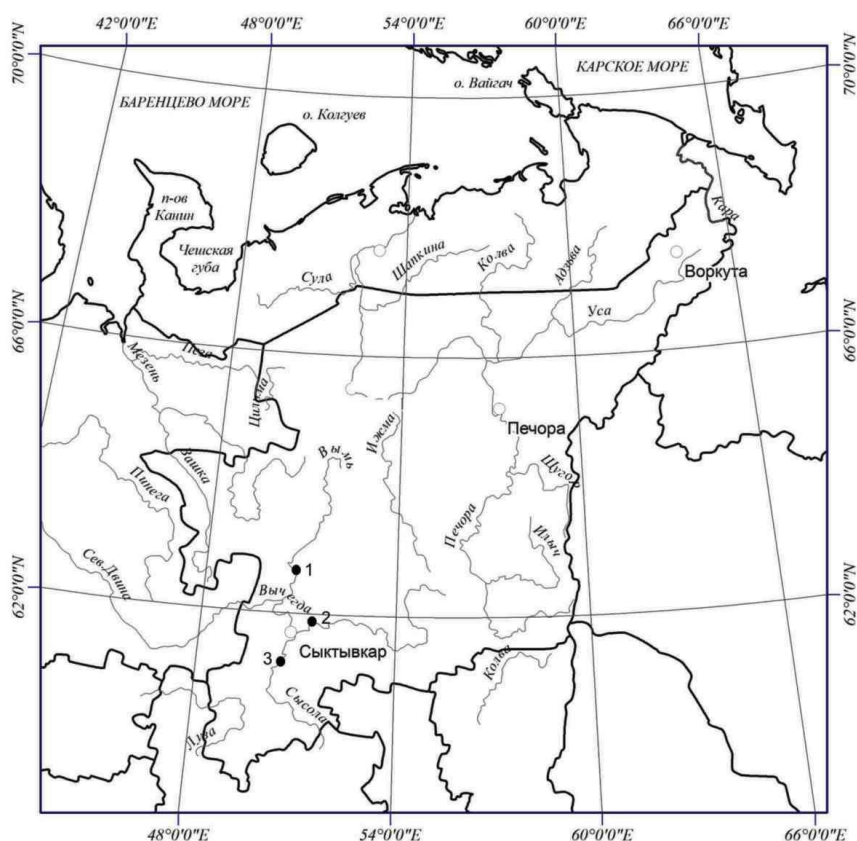


Рис. 1. Местоположение точек отбора проб воды и цианобактерий:
1 — руч. Богодельский; 2 — озеро Сейты; 3 — озеро Вадкерос

Таблица 1

Химический состав вод исследованных объектов, мг/л

Местоположение объекта	pH	Na ⁺	Mg ²⁺	H ₂ SiO ₄	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻	Fe _{общ}
Руч. Богодельский, с. Серегово (1)	7,35	1180,0	85,0	13,0	0,08	226,0	2300,0	250,0	510,0	1,09
оз. Сейты (2)	7,66	4,0	3,1	2,3	0,08	Не опр.	Не опр.	9,0	Не опр.	1,45
оз. Вадкерос (3)	7,84	6,2	10,0	3,7	0,30	«	«	32,8	«	0,21

Примечание. Цифры в скобках обозначают номера точек отбора проб на карте рис. 1.

Проведены исследования высушенных форм колоний цианобактерий (род *Gloeotrichia*, порядок ностокальных) из ультрапресных (0,2 г/л) озер Сейты (3 пробы) и Вадкерос (3 пробы) гидрокарбонатно-кальциево-магниевого состава. Для определения минеральных фаз колонии *Gloeotrichia* из природных озер предварительно подвергались обжигу при температуре 300 °С. В связи с малыми размерами объектов исследований для каждого метода и анализа были использованы разные колонии.

Исследования минерализованных форм колоний проведены в Центре коллективного пользования УрО РАН «Геонаука» в Институте геологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар) оптическими (МБС-10 и световой микроскоп MoticBA 300), рентгеноструктурным (рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD 6000) и ИК-спектроскопическим (Фурье-спектрометр ИнфраЛюм ФТ-02, аналитик М. Ф. Самолюкова) методами. Морфологические особенности и химический состав цианофитов изучены с использованием СЭМ- (JSM 6400 JEOL, VEGA3 TESCAN, аналитики В. Н. Филиппов и С. С. Шевчук) и микрозондового анализа. Общий химический состав вод определялся по стандартным методикам в лаборатории «Экоаналит» ИБ Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар), при этом использовались следующие виды анализа: потенциометрия, прямое потенциометрическое титрование, турбидиметрия, фотометрия, ICP-AS. Микрокомпоненты определены методом ICP-MS Agilent 7700x (Thermo Elemental, США) в ИГ Коми НЦ УрО РАН (аналитик Д. В. Кузьмин). Погрешность определения концентраций отдельных компонентов этими методами составляла до 10–15 %.

Результаты и обсуждение исследований

Водоросли рода *Rivularia* представляют собой студенистые шаровидные колонии изумрудно-зеленого цвета размером 1–4 мм. С использованием светового микроскопа выявлено, что особи цианобактерий не утратили жизнеспособность в процессе хранения. После извлечения образцов из пробирки в течение 2–3 часов, в связи с резкой сменой физико-химических условий, произошла полная кристаллизация колоний (рис. 2).

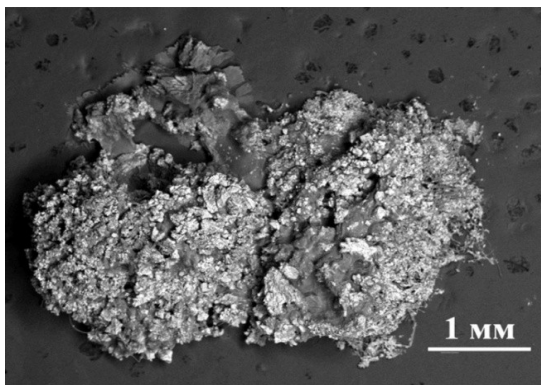


Рис. 2. Общий вид минерализованной колонии рода *Rivularia* (проба 1–2). РЭМ-изображение в режиме отраженных электронов

Структурными методами были исследованы 4 минерализованные колонии. Рентгеноструктурный анализ пробы 1–1 показал, что основной минеральной составляющей является *кальцит*, наличие которого установлено по набору рефлексов: 3,85; 3,04; 2,49; 2,28; 2,18; 2,09; 1,874; 1,600; 1,520 Å. В образце также определен *галит* (4,8; 3,28; 2,84; 1,645 Å).

В качестве примесных минералов на спектре дифрактограммы зафиксированы рефлексы, указывающие на присутствие *карналлита* (4,65; 3,76; 2,91 Å), *бассанита* (6,06 Å) (рис. 3). В двух других пробах (1–2, 1–3) идентифицированы только кальцит и галит. На ИК-спектре минерализованной колонии 1–4 кроме полос, связанных с колебаниями NO_3^- -групп

в решетке карбоната, указывающих на наличие кальцита (714, 875 и 1440 cm^{-1}), проявились слабые полосы в области 780–800 cm^{-1} (колебания связанных SiO_4 -тетраэдров) и полоса 1080 cm^{-1} , свидетельствующая о наличии кварца.

Сейсмоэлектромагнитным методом (СЭМ) и методом микрозондового анализа проведены исследования морфологии и химического состава 4 минерализованных форм колоний (пробы 1–5 и 1–8). Анализ РЭМ-изображений показал, что кальцит формирует как шестоватые структуры, так и вершинные скелетные кристаллы с параллельными субиндивидами по всей поверхности (рис. 4). Линейный размер кристаллов колеблется от 50 до 150 мкм. Скелетные кристаллы в пределах колонии сформировались в условиях увеличения концентрации кристаллообразующих веществ и быстрого роста в результате резкого повышения температуры с последующим

испарением. В вязкой среде при повышении температуры скелетные кристаллы могут появляться независимо от пересыщений. Шестоватые структуры агрегатов кальцита образованы параллельными сростками наноразмерных субиндивидов (шестиков). Подобные агрегаты формируются в условиях увеличения числа центров кристаллизации и кинетического режима роста с зонами геометрического отбора. Отдельные скопления кальцита, визуализируемые на микроснимках в виде бесструктурных масс, сформировавшихся, на наш взгляд, *in situ*, подвергались частичному растворению при хранении. В структуре карбонатизированных колоний выделяются свободные от кальцита нити (Ca — 0,85–2,16 мас. %), псевдоморфозы облекания нитей цианобактерий, а также их отпечатки. Псевдоморфозы облекания представляют собой полые трубки диаметром 8 мкм. Содержание кальция в псевдоморфозах колеблется от 14 до 32 мас. % (рис. 5).

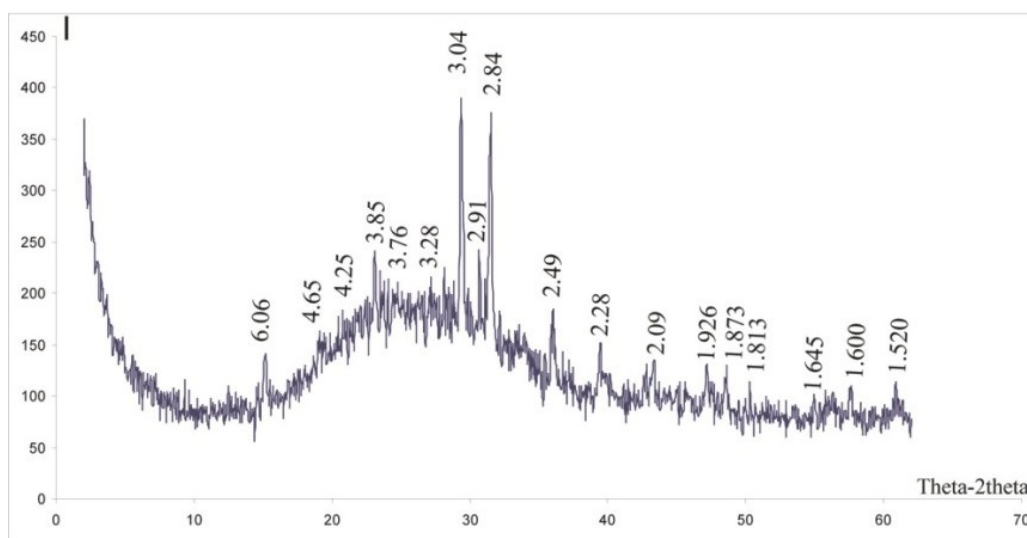


Рис. 3. Дифрактограмма карбонатизированной колонии (проба 1–2)

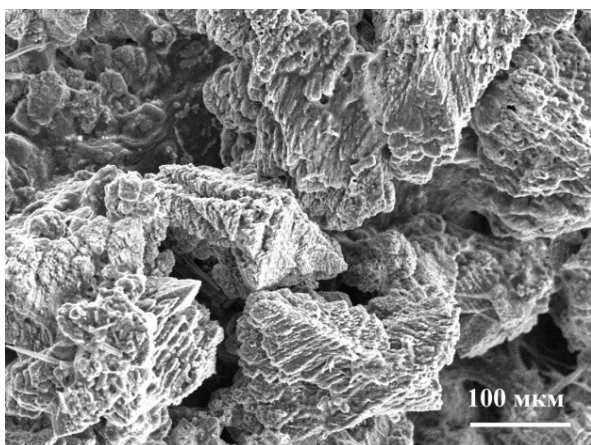


Рис. 4. Вершинные скелетные кристаллы кальцита (проба 1–5)

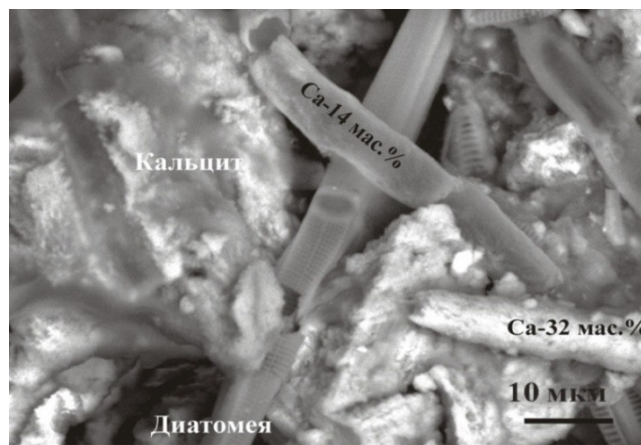


Рис. 5. Карбонатные псевдоморфозы по нитям цианобактерий

В составе минерализованных нитей цианобактерий *Rivularia* выявлена значительная дисперсия в содержаниях кальция, хлора и кремния (табл. 2). Однако в свободном от карбонатов в гликокаликсе содержание хлора на порядок больше, чем в нитях, при низких концентрациях кальция и натрия (табл. 3).

Таблица 2

Химический состав нитей цианобактерий по данным микрозондового анализа, мас. %

Химический состав	<i>Rivularia</i>		<i>Gloeotrichia</i>	Химический состав	<i>Rivularia</i>		<i>Gloeotrichia</i>
	1-1 (n = 5)	1-3 (n = 3)	2-1 (n = 3)		1-1 (n = 5)	1-3 (n = 3)	2-1 (n = 3)
Na	0,73–0,94	не обн.	—	Cl	0,37–3,54	0,90–1,00	не обн.
Mg	0,00–0,71	0,00–0,61	0,00–0,08	K	0,21–1,36	не обн.	0,17–0,42
Si	0,30–1,49	0,00–3,56	0,00–0,28	Ca	0,85–27,43	14,07–32,11	1,72–2,95
P	0,00–0,45	0,00–0,44	0,86–4,81	Mn	0,39–1,66	0,94–1,09	не обн.
S	0,24–0,49	0,29–0,51	0,45–0,67	Fe	0,42–3,21	0,00–2,41	не обн.

Примечание. В скобках указано число анализов.

Таблица 3

Химический состав гликокаликса цианобактерий по данным микрозондового анализа, мас. %

Химический состав	<i>Rivularia</i>		<i>Gloeotrichia</i>	Химический состав	<i>Rivularia</i>		<i>Gloeotrichia</i>
	1-2 (n = 4)	1-4 (n = 4)	2-1 (n = 1)		1-2 (n = 4)	1-4 (n = 4)	2-1 (n = 1)
Na	0,00–1,61	0,00–1,10	не обн.	Cl	2,04–11,01	6,05–7,95	0,31
Mg	0,59–1,23	0,53–0,55	не обн.	K	0,39–1,91	0,45–0,69	0,28
Si	0,00–0,36	0,00–0,46	не обн.	Ca	0,87–9,49	1,49–6,03	4,96
P	0,26–1,58	0,00–0,30	0,70	Mn	0,00–2,94	0,27–0,48	не обн.
S	0,36–0,56	0,00–0,32	0,35	Fe	0,52–0,95	0,00–9,00	не обн.

Согласно проведенным исследованиям, в структуре колоний цианобактерий *Rivularia* можно выделить аморфный карбонат кальция, кристаллы кальцита, псевдоморфозы облекания и полные псевдоморфозы по нитям. Ранее, при экспериментальном моделировании процессов кальцификации цианобактерий, проведенном О. С. Самылиной с соавторами [3], было установлено, что карбонатизация алкалофильных цианобактерий сводится к сорбции аморфного карбоната кальция на клеточной поверхности с последующей их кристаллизацией. Осаждение кальция на слизистые чехлы происходит благодаря экзополисахаридам внеклеточного полимерного вещества и слизистых чехлов [2].

Средний размер колоний цианобактерий рода *Gloeotrichia* из природного оз. Сейты составляет 0,5 мм. Исследования структурными методами озолненной формы (проба 2–1) показали, что основной минеральной составляющей является захваченный из окружающих вод цианобактериями кварц (SiO_2), в качестве примесного минерала идентифицирован привнесенный альбит ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$). На ИК-спектре (проба 2–2) слабая полоса в области 1318 см^{-1} указывает на наличие, предположительно, узеллита ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Результаты исследований методами РЭМ-и микрозондового анализа высушенной колонии (проба 2–3) подтверждают формирование кристаллов оксалата кальция в гликокаликсе. Палочковидные кристаллы оксалата кальция размером 2–4 мкм располагаются между нитями и на их поверхностях. По данным микрозондового анализа, содержание кальция в них составляет 15–18 мас. %. Кроме того, в гликокаликсе встречаются единичные зерна аллотигенного микроклина (KAlSi_3O_8) и кальцита (Ca — 34 мас. %). На РЭМ-изображениях четко визуализируются валутиновые гранулы фосфатного состава в цитоплазме клеток. Содержание фосфора в них составляет 2,25–4,81 мас. %, кальция — 2,95 мас. %. В клетках цианобактерий также определены S, K, Mg (табл. 2). В гликокаликсе колонии из оз. Сейты распространены скопления диатомей, а также неустановленная биота (гифы микромицета?).

Колонии цианопрокариот рода *Gloeotrichia* из оз. Вадкерос отличаются большими (до 1 см) размерами от цианей из оз. Сейты. В озоленных колониях (3–1...3–2) аллотигенный кварц (размер зерен 100–250 мкм) является основной минеральной составляющей. Наряду с кварцем на дифрактограмме присутствуют экстремумы, принадлежащие аутигенному уэвеллиту (5,92; 3,65; 2,97; 2,35; 1,946 Å), а на ИК-спектре полосы 780 и 1318 см⁻¹ (деформационные и валентные колебания СО-групп) указывают на наличие кристаллов оксалата кальция. Кроме того, присутствуют полосы в области 780 и 1096 см⁻¹, характерные для аморфного кремнезема, а слабые полосы 875 и 1440 см⁻¹ связаны с колебаниями $\tilde{\text{NO}}_3^-$ -групп в кальците.

Выводы

Показаны особенности современного биоминералообразования цианопрокариот в различных водных средах. Основными минеральными составляющими минерализованных колоний из солоноватых Cl-Na-вод ручья на территории Сереговского сользавода являются кальцит и галит. В качестве примесных минералов определены карналлит, бассанит. Частичная карбонатизация колоний цианобактерий рода *Rivularia* имела место *in situ*, а полная кристаллизация произошла *ex situ* — в связи с изменением физико-химических условий. Фоссилизированные колонии рода *Rivularia* отличаются составом микроминеральных включений, что может свидетельствовать о различиях биохимических процессов в слизистых чехлах колоний. В колониях выделяются кристаллический кальцит, карбонатизированные псевдоморфозы облекания нитей и их отпечатки, псевдоморфозы кальцита по нитям цианобактерий.

В гликокаликсе колоний цианобактерий рода *Gloeotrichia*, обитающих в пресных озерах Сейты и Вадкерос формируется уэвеллит. Кальцит содержится в незначительных количествах.

Формирование микроминералов (кальцита, галита, уэвеллита и др.), независимо от условий кристаллизации и места обитания цианопрокариот, происходит в пределах слизистых чехлов, без проникновения внутрь клетки.

Благодарности

Авторы признательны ведущему научному сотруднику Института биологии Коми НЦ УрО РАН Е. Н. Патовой за определение родовой принадлежности цианобактерий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ископаемые бактерии и другие микроорганизмы в земных породах и астроматериалах / М. М. Астафьева [и др.]; науч. ред. А. Ю. Розанов, Г. Т. Ушатинская. М.: ПИН РАН, 2011. 172 с. 2. Цианобактериальные маты (полевые и экспериментальные результаты) / В. К. Орлеанский [и др.] // Водоросли в эволюции биосферы: материалы I палеоальгол. конф. М.: ПИН РАН, 2013. С. 89–92. 3. Самылина О. С., Баулина О. И., Герасименко Л. М. Фоссилизация цианобактерий в условиях содовых озер // Водоросли в эволюции биосферы: материалы I палеоальгол. конф. М.: ПИН РАН, 2013. С. 112–114.

Сведения об авторах

Каткова Валентина Ивановна — кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геологии Коми НЦ УрО РАН

E-mail: katkova@geo.komisc.ru

Митюшова Татьяна Павловна — кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геологии Коми НЦ УрО РАН

E-mail: mityusheva@geo.komisc.ru

Филиппов Василий Николаевич — старший научный сотрудник Института геологии Коми НЦ УрО РАН

E-mail: filipov@geo.komisc.ru

Симакова Юлия Станиславовна — кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геологии Коми НЦ УрО РАН
E-mail: simakova@geo.komisc.ru

Author Affiliation

Valentina I. Katkova — PhD (Geol. & Mineral.), Senior Researcher of the Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the RAS, Syktyvkar
E-mail: katkova@geo.komisc.ru

Tatjana P. Mityusheva — PhD (Geol. & Mineral.), Senior Researcher of the Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the RAS, Syktyvkar
E-mail: mityusheva@geo.komisc.ru

Basil N. Filippov — Senior Researcher of the Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the RAS, Syktyvkar
E-mail: filippov@geo.komisc.ru

Yuliya S. Simakova — PhD (Geol. & Mineral.), Senior Researcher of the Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the RAS, Syktyvkar
E-mail: simakova@geo.komisc.ru

Библиографическое описание статьи

Каткова, В. И. Минеральные включения в цианобактериях из водных объектов юга Республики Коми / *В. И. Каткова [и др.]* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 4 (9). — С. 64–70.

Reference

Katkova Valentina I., Mityusheva Tatjana P., Filippov Basil N., Simakova Yuliya S. Mineral Inclusions in Cyanobacteria from Water Objects of Southern Komi Republic. *Herald of the Kola Science of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 64–70. (In Russ.).

УДК 616-008.9-055.25

МИНЕРАЛЬНЫЙ БАЛАНС У ЗДОРОВЫХ ЖИТЕЛЕЙ БЛАГОВЕЩЕНСКА АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

В. М. Катола

ФГБУН Институт геологии и природопользования ДВО РАН, г. Благовещенск

Аннотация

Изучение элементного статуса здоровых и больных жителей г. Благовещенска показало, что в их цельной крови, в отличие от данных литературы, больше Co, Cs, Li, Mn и Ni при неизменном уровне Ca и Cd и при меньшем содержании Cu, Fe, Hg, Na, K, Mg, Rb, Zn (мг/дм^3). У больных с такими заболеваниями, как язва желудка или двенадцатиперстной кишки, туберкулез легких (очаговая и фиброзно-кавернозная формы, туберкулема), в крови отмечают уменьшение Ca и Mg, нормальные показатели Cu, Fe и Zn и высокую концентрацию Cd, Cr, Cs, K, Li, Mn, Na, Ni, Pb, Rb. Обращает особое внимание накопление ртути в крови больных туберкулезом легких.

Ключевые слова:

макро-и микроэлементы, цельная кровь, язвенная болезнь, туберкулез.

MINERAL BALANCE IN HEALTHY PEOPLE OF BLAGOVESHCHENSK

Viktor M. Katola

Institute of Geology and Nature Management of the Far-Eastern Branch of the RAS, Blagoveshchensk

Abstract

With the help of the atomic absorption method, the elemental status of healthy and sick inhabitants of Blagoveshchensk has been studied. It was found that in their whole blood (mg/dm^3), in comparison with the literature data, Co is more by 3,5 or more times, Cs is 15 times, Li — by 4,5 times, Mn — 34, 3 times, Ni — 4 and more times, at a constant level of Ca and Cd and significantly less than Cu, Fe, Hg, K, Mg, Rb, Zn. The blood of patients with stomach ulcers, ulcer 12 duodenal ulcer, active focal pulmonary tuberculosis, tuberculoma and fibrous-cavernous form, demonstrates the decrease of Ca and Mg, normal parameters of Cu, Fe and Zn and high concentration of Cd, Cr, Cs, K, Li, Mn, Na, Ni, Pb, Rb. Special attention should be paid to accumulation of mercury in the blood of patients with pulmonary tuberculosis ($0,029 \pm 0,004$ – $0,030 \pm 0,002$).

Keywords:

mineral elements, whole blood, peptic ulcer, tuberculosis.



Введение

К концу XX в. почти полностью изучена значимость минеральных элементов, поступающих из природной среды с водой и продуктами питания. Установлено их участие во всех видах обмена веществ, в построении клеточных и тканевых структур, определении осмотического давления крови и ее объема, поддержании кислотно-щелочного равновесия, распределении жидкости между клетками и внеклеточной средой, регулировании проницаемости мембран, образовании энергии в клетках и проч. Они входят в состав ферментов, гормонов, витаминов, пигментов и

белковых комплексов. Содержание минеральных веществ в организме зависит от географических и климатических условий, характеристики почв, химического состава питьевой воды, их наличия в овощах, фруктах, продуктах животного происхождения, а также от образа жизни человека, его возраста, трудовой деятельности, профессии и др. [1–6]. Поступление электролитов в организм, распределение и выведение из организма обязательно сопряжено с водным балансом. В случаях минерального дисбаланса или дефицита в организме нарушается обмен белков, жиров, углеводов, витаминов, выработка ферментов, у человека ослабляется иммунитет и др.

Обычно расстройства минерального обмена наблюдаются при изменении поступления солей в организм или же их выведения, а также при ухудшении распределения между клетками и внеклеточной средой. Такие расстройства представляют собою важное звено патогенеза заболевания либо осложняют его течение и исход. В настоящее время считается, что у 80 % населения минеральный обмен нарушен вследствие проживания в больших мегаполисах, воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды, высоких концентраций тяжелых металлов, радиации, стрессов, неправильного питания, курения и алкоголизма. Избыток минеральных элементов чаще регистрируется у населения, проживающего на территориях, где располагаются химические, металлургические, радиотехнические, стекольные и добывающие предприятия, ТЭЦ и скопления автотранспорта. В связи с этим металлурги, шахтеры, токари, сварщики, химики, водители, работники АЗС составляют группу риска. Поэтому на заселенных территориях, где атмосфера, гидросфера, почвенный покров трансформированы и загрязнены, обнаружение аномалий химических элементов в природе и живых организмах является актуальной задачей.

Современные методы диагностики позволяют определить весь спектр минеральных веществ и установить взаимосвязь между ними в различных биологических субстратах. С этой целью исследуются цельная кровь, ее сыворотка, моча, волосы, ногти и др. Однако в рамках одной биогеохимической территории в каждом субстрате выявляется неодинаковое число элементов. Например, если в сыворотке крови можно определить 6–8 элементов, то в волосах — 20–30, что более подробно характеризует элементный статус человека или животного.

С учетом того, что имеются существенные различия в элементном статусе населения различных регионов России [2, 4, 7], нами исследовано содержание ряда элементов у здоровых жителей г. Благовещенска и у больных язвами желудка и двенадцатиперстной кишки, а также некоторыми формами активного туберкулеза легких. Промышленные предприятия, ТЭЦ, автотранспорт, частный сектор, который использует ртутьсодержащий уголь и древесину, лесные пожары постоянно загрязняют городскую приземную атмосферу, почву и воду тяжелыми металлами [8, 9].

Материал и методика исследований

Валовые концентрации меди, никеля, кобальта, хрома, цинка, свинца, кадмия и других элементов исследовали в цельной крови с помощью атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрофотометре фирмы Hitachi, содержание же ртути определяли на газопаровом ртутном анализаторе АГП-01 методом атомизации «холодного пара» с использованием амальгамации на золотом сорбенте.

Результаты и их обсуждение

В отличие от неких усредненных стандартных показателей [10], в крови здоровых людей, проживающих в Благовещенске, содержание Со превышено ($p < 0,001$) в 3,5 раза и более, Cs — в 15 раз, Li — в 4,5 раза, Mn — в 34, 3 раза, Ni — в 4 раза и более и заметно ниже концентрации Cu, Fe, Hg, K, Na, Mg, Rb, Zn (табл.).

Массовая доля (мг/дм³) химических элементов в цельной крови
 здоровых и больных амурчан

Элемент	Здоровые		Больные		
	результаты исследования	литературные данные [1]	очаговым туберкулезом и туберкулемой легких	фиброзно-кавернозным туберкулезом легких	язвой желудка и 12-перстной кишки
Ca	60,48 ± 5,62	60,5	34,46 ± 1,75	4,67 ± 0,91	39,01 ± 1,83
Cd	< 0,005	0,0052	0,03 ± 0,006	0,014 ± 0,003	0,029 ± 0,005
Co	0,14 ± 0,01	0,0002–0,04	0,19 ± 0,018	0,29 ± 0,03	0,22 ± 0,006
Cr	0,12 ± 0,02	0,006–0,11	0,50 ± 0,05	0,24 ± 0,03	0,66 ± 0,14
Cs	0,057 ± 0,003	0,0038	1,05 ± 0,04	2,13 ± 0,10	1,20 ± 0,03
Cu	0,63 ± 0,05	1,01	0,81 ± 0,08	0,87 ± 0,04	0,92 ± 0,22
Fe	300,90 ± 15,77	447,0	351,25 ± 21,96	305,4 ± 15,0	331,45 ± 7,58
Hg	0,0054 ± 0,0008	0,0078	0,030 ± 0,002	0,029 ± 0,004	0,008 ± 0,002
K	906,0 ± 111,7	1620,0	2061,1 ± 82,4	1895,0 ± 5,9	2008,9 ± 30,0
Li	0,018 ± 0,002	0,004	0,052 ± 0,004	0,04 ± 0,001	0,099 ± 0,02
Mg	32,41 ± 1,72	37,8	6,04 ± 0,53	3,35 ± 0,38	6,61 ± 0,18
Mn	0,055 ± 0,019	0,0016–0,075	0,10 ± 0,01	< 0,005	0,10 ± 0,01
Na	1206,0 ± 52,2	1970,0	2590,2 ± 80,5	3445,6 ± 74,1	2713,9 ± 64,5
Ni	0,21 ± 0,05	0,01–0,05	0,38 ± 0,03	< 0,005	0,42 ± 0,08
Pb	0,16 ± 0,04	0,21	0,52 ± 0,08	0,30 ± 0,02	0,34 ± 0,08
Rb	0,57 ± 0,003	2,49	0,92 ± 0,008	0,6 ± 0,015	0,94 ± 0,04
Zn	4,51 ± 0,23	7,0	4,32 ± 0,16	3,38 ± 0,08	3,99 ± 0,15

В крови больных людей наблюдается совсем иное содержание элементов. При язвах желудка и двенадцатиперстной кишки, туберкулезе легких (очаговая форма, туберкулема) в крови отмечают совершенно другое количество и соотношение элементов, а именно уменьшение Ca и Mg ($p < 0,001$), примерно соответствующее нормальным величинам содержание Cu, Fe и Zn, и повышенная ($p < 0,001$) концентрация Cd, Cr, Cs, K, Li, Mn, Na, Ni, Pb, Rb. Но если различия в концентрации Hg в крови здоровых лиц и больных язвенной болезнью незначительны, то в крови больных очаговым туберкулезом легких, туберкулемой и фиброзно-кавернозной формой содержание этого элемента в 3–5 раз больше. Причина депонирования Hg в крови больных активными формами туберкулеза легких точно неизвестна, скорее всего, этот избыток вызван сформировавшимися патоморфологическими, патофизиологическими и иными расстройствами, которые задерживают процесс выведения токсиканта. Это подтверждается тем, что спустя 3–4 месяца с момента начала химиотерапии ртуть из крови исчезает.

Выводы

1. Выявлены суммарные концентрации каждого из макро- и микроэлементов, которые участвуют в метаболическом обмене у здоровых и больных жителей города Благовещенска.

2. Элементный ресурс жителей города Благовещенска обусловлен как климатическими и ландшафтно-геохимическими условиями, так и социально-экономическим положением обследуемых, биологическими особенностями их организма и степенью загрязнения городской экосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эффективность применения метода индивидуальной коррекции нарушений минерального обмена / *О. В. Баранова [и др.]* // Вестник восстановительной медицины. 2008. № 4. С. 31–34.
2. Горбачев А. Л. Элементный статус населения в связи с химическим составом питьевой воды // Микроэлементы в медицине. 2006. № 2. С. 11–24.
3. *Калетина Н., Калетин Г.* Микроэлементы — биологические регуляторы // Наука в России. 2007. № 1. С. 36–42.
4. *Похлюк Н. В.* Содержание некоторых химических элементов у жителей различных этно-демографических групп Магаданской области // Самарский научный вестник. 2014. № 4. С. 101–103.
5. *Скальный А. В.* Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: ОНИКС, 2004. 216 с.
6. Состояние минерального обмена при различных патогенетических вариантах воспаления / *А. А. Турна [и др.]* // Артериальная гипертензия. 2010. Т. 16, № 1. С. 82–87.
7. Баланс микроэлементов и показатели гомеостаза как прогностические критерии рака пищеварительного тракта / *И. А. Хлусов [и др.]* // Сибирский онкологический журн. 2007. № 4. С. 70–79.
8. *Катола В. М., Радомская В. И., Радомский С. М.* Токсичные металлы в окружающей среде города Благовещенска и Благовещенского района Амурской области // Бюл. физиол. и патол. дыхания. 2009. Вып. 31. С. 7–11.
9. *Катола В. М.* Токсичные металлы в окружающей среде Благовещенска // Экология и промышленность России. 2010. № 3. С. 27–29.
10. *Алексеевко В. А.* Экологическая геохимия: учебник. М.: Логос, 2000.

Сведения об авторе

Катола Виктор Моисеевич — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник Института геологии и природопользования ДВО РАН

E-mail: katola-amur@list.ru

Author Affiliation

Viktor M. Katola — PhD (Medical), Senior Researcher of the Institute of Geology and Nature Management of the Far-Eastern Branch of the RAS

E-mail: katola-amur@list.ru

Библиографическое описание статьи

Катола, В. М. Минеральный баланс у здоровых жителей г. Благовещенска Амурской области / *В. М. Катола* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 4 (9). — С. 71–74.

Reference

Katola Viktor M. Mineral Balance in Healthy People of Blagoveshchensk. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 71–74. (In Russ.).

УДК 550.47

КОМПЛЕКСНЫЕ БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОСТРОВЕ ЗАПАДНЫЙ ШПИЦБЕРГЕН

Г. М. Кашулина¹, Т. И. Литвинова¹, С. В. Дрогобужская², Л. А. Баскова¹

¹ФГБУН Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН

²ФГБУН Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева КНЦ РАН

Аннотация

Представлены результаты комплексных (верхние слои четвертичных отложений, верхние горизонты почв, 7 видов растений, дождевая вода и поверхностные воды) биогеохимических исследований окружающей среды на юго-западных побережьях острова Западный Шпицберген. В отобранных образцах определяли от 12 (растения) до 32 (почвы) химических элементов.

Ключевые слова:

почвы, растения, дождевые воды, поверхностные воды, химический состав.

COMPLEX BIOGEOCHEMICAL ENVIRONMENTAL STUDIES ON WESTERN SPITSBERGEN ISLAND

Galina M. Kashulina¹, Tatyana I. Litvinova¹,
Svetlana V. Drogobuzhskaya², Lyudmila A. Baskova¹

¹N. A. Avronin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of the KSC of the RAS

²I. V. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials of the KSC of the RAS

Abstract

This article presents the results of the complex biogeochemical studies on the South-Western coasts of the island of Western Spitsbergen. The following media were studied and the following parameters were determined: rain and stream waters (pH, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, SO₄²⁻, Cl⁻ and Al, Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Sr и Zn Cr и Fe in the filtered waters), 7 plant species (Si, Al, Fe, P, Ca, Mg, Mn, K, Na, S, Cd, Sr), upper layers of the quaternary deposits and upper soil horizons (Si, Al, Fe, P, Ca, Mg, Mn, K, Na, S, Ag, As, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Te, Tl, V и Zn).

Keywords:

soils, plants, rain water, stream water, chemical composition.

Введение

Архипелаг Шпицберген характеризуется уникальным сочетанием природных факторов: географического положения, геологического сложения, климата и рельефа. Поэтому изучение химического состава основных компонентов окружающей среды этой высокоширотной и до сих пор мало изученной территории представляет большой научный интерес. Применение комплексного биогеохимического подхода с одновременным изучением всех основных компонентов окружающей среды — атмосферных осадков, растительности, почв и поверхностных вод — позволяет более успешно решать фундаментальные задачи в области сразу нескольких смежных дисциплин. С другой стороны, освоение этой арктической территории и увеличивающееся антропогенное воздействие также требует изучения природных особенностей этой арктической территории.

Данная статья представляет обзор собственных комплексных биогеохимических исследований окружающей среды на юго-западных побережьях острова Западный Шпицберген.

Материалы и методы исследований

При организации биогеохимических исследований юго-западного побережья о-ва Западный Шпицберген использовался комплексный подход с опробованием всех основных компонентов окружающей среды: атмосферных осадков, почв [1–3], растений [4] и поверхностных вод [5].

Результаты и их обсуждение

Горные породы считаются основным первичным источником элементов для остальных поверхностных компонентов окружающей среды. Нижние горизонты АУаоС (глубина 30–40 см) обследованных 35 разрезов серогумусовых грубогумусных почв, заложенных на побережьях Исфьорда, Гренфьорда, Биллефьорда в районе Конгрессдален и Колесбухты, могут дать представление об особенностях химического состава верхнего слоя четвертичных отложений обследованной территории (табл. 1, 2). В большинстве случаев верхние четвертичные отложения были представлены кислыми породами с высоким содержанием SiO₂ и экстремально низким содержанием СаО и MgO. Исключением являются 3 разреза из района Биллефьорда, в которых благодаря присутствию карбонатов содержание Са и Mg значительно выше.

В процессе почвообразования содержание всех важных биогенных элементов: Са, Mg, К, Р и Mn — в верхних горизонтах О/АО и АУао значительно увеличивается относительно почвообразующего материала, обеспечивая достаточно высокое плодородие почв, несмотря на высокое широтное положение территории.

Таблица 1

Медиана, минимум и максимум валовых концентраций главных элементов (% на прокаленную навеску) в основных горизонтах серогумусовых грубогумусных почв побережий о-ва Зап. Шпицберген и кларки содержания основных элементов в литосфере [6]

Элемент	Кларк	АУаоС (N=35)			АУао (N=29)			О/АО (N=14)		
		мин	мед	макс	мин	мед	макс	мин	мед	макс
SiO ₂	61,2	61,2	73,8	78,8	66,4	72,6	78,7	48,6	71,8	76,3
Al ₂ O ₃	15,2	6,6	12,5	15,4	9,5	12,8	15,9	11,7	13,6	19,7
Fe ₂ O ₃	7,6	3,5	5,9	8,8	4,5	5,6	7,7	4,2	6,0	9,4
TiO ₂	0,82	0,43	0,77	1,20	0,52	0,83	1,44	0,42	0,62	1,17
СаО	5,3	0,14	0,61	11,0	0,15	0,65	3,29	1,07	1,80	11,3
MgO	3,8	0,51	1,05	7,05	0,61	1,07	2,26	1,03	1,695	3,85
P ₂ O ₅	0,23	0,12	0,22	0,79	0,16	0,27	0,74	0,35	0,55	2,54
MnO	0,12	0,012	0,066	0,94	0,00	0,074	0,97	0,01	0,075	0,60
K ₂ O	2,6	1,68	2,49	3,39	1,66	2,32	3,08	2,09	2,32	3,03

Сравнение с кларками (табл. 2) свидетельствует о том, что по содержанию Bi, Cr, Sc, Sn, V и Zn почвообразующий материал (гор. АУаоС) или верхние слои четвертичных отложений обследуемой территории близки к средним содержаниям в литосфере. Концентрации Ag (в 16 раз), As (в 8 раз), Se (в 4 раза) и Te (в 28 раз) и менее значительно Cd, Hg, Mo, Pb и Sb повышены, а концентрации Co, Cu, Mn, Ni, Rb, Sr (как и Са) и Tl снижены относительно кларка. В отличие от Са, содержание Sr оставалось низким и в случае присутствия карбонатов.

Сравнение с данными исследования других территорий, однако, дает несколько отличную картину геохимических особенностей верхних слоев четвертичных отложений обследованного нами района. Так, концентрации большинства элементов (Ag, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Rb, Se и Tl) в нижней части наших разрезов близки по медианам и диапазону варьирования, верхним слоям четвертичных отложений на северо-востоке Европы [7]. Специфическими особенностями

почвообразующего материала на обследованной территории остаются повышенные содержания As и пониженные — Mn и Sr. Очень высокие концентрации As (до 17 мг/кг при частичной экстракции царской водкой) были обнаружены также в осадочных породах полуостровов Варангер (Норвегия) и Рыбачий [8], т. е. высокие содержания As в четвертичных отложениях являются природной особенностью обследованной территории.

Таблица 2

Медиана, минимум и максимум общих концентраций элементов в основных горизонтах серогумусовых грубогумусных почв, а также средние содержания элементов в литосфере [6], мг/кг

Элемент	Кларк	О/АО (N = 15)			АУао (N = 17)			АУаоС (N = 17)		
		медиана	мин	макс	медиана	мин	макс	медиана	мин	макс
Ag	0,073	0,22	<0,01	0,47	1,07	0,12	3,28	1,21	0,05	4,05
As	1,80	8,01	1,88	13,9	11,9	4,39	18,6	13,8	4,34	28,2
Bi	0,2	0,08	0,01	0,3	0,18	0,02	0,3	0,17	0,04	0,42
Cd	0,16	0,41	0,21	0,83	0,29	0,02	0,9	0,21	0,05	0,74
Co	23,00	9,53	5,03	13,9	11,3	6,59	30,9	13	7,73	28,1
Cr	93	49,8	20,3	72,8	69,8	28,7	143,5	68,1	39,4	132,4
Cu	53,0	20,8	11,75	60	26,6	16,6	53,5	25,9	17,5	76,3
Hg	0,04	0,4	0,02	1,28	0,11	<0,01	1,27	0,09	<0,01	0,65
Mn	900	224	82,2	1325	180	86,7	1344	214	82,8	134
Mo	1,2	1,1	0,58	7,39	1,64	0,49	9,44	1,74	0,21	8,71
Ni	56,0	26,3	13,1	48,7	29,7	16,3	42,9	27,2	18,4	44,1
Pb	12	17,5	9,3	41,3	15,3	8,63	43,2	18,7	9,75	33,1
Rb	110	16,5	3,14	24,7	63,4	17	98,6	46,4	9,94	99,5
Sb	0,3	0,55	0,31	1,31	0,78	0,43	1,54	0,8	0,57	1,64
Sc	17,0	7,59	<0,01	14,6	12,1	3,28	22,4	14,1	11,5	67,6
Se	0,083	1,5	<0,01	4,46	0,71	<0,01	3,25	0,34	<0,01	2,8
Sn	2,5	2,77	1,3	42	2,74	1,74	20,9	2,64	1,82	15,9
Sr	370	79,7	25,4	89,7	27,5	6,84	67,5	30,3	5,72	85,8
Te	0,005	0,12	0,08	0,17	0,14	0,04	0,41	0,14	0,04	0,39
Tl	0,9	0,24	0,04	0,71	0,53	0,2	0,66	0,47	0,2	1,0
V	190	76,9	28,3	123,6	163,2	44,4	415,9	167,8	47,3	385,8
Zn	68	62,4	36,1	151,3	62,3	35,1	139	73,2	42,7	108,8

В процессе почвообразования концентрации большинства элементов (Ag, As, Bi, Rb, Sc, Tl, V, Co, Cr, Cu, Mo, Sb и Zn) в верхнем органогенном горизонте О/АО снижаются относительно почвообразующего материала — гор. АУаоС (табл. 2). В то же время содержание Cd (в 2 раза), Hg (в 4 раза), Se (в 4 раза) и Sr (в 2,5 раза) выше, чем в почвообразующем материале. Повышение концентраций Cd и Hg в верхних органогенных горизонтах почв также не связано с загрязнением, а является природной особенностью, поскольку было отмечено в почвах фоновых условий северо-востока Европы [7]. Верхний минеральный горизонт АУао имеет очень незначительные отличия по содержанию элементов от почвообразующего материала.

Несмотря на высокое широтное положение и очень низкие концентрации в почвообразующем материале, растения в окрестностях пос. Баренцбург обеспечены основными элементами питания — Ca, Mg, K и P на достаточно высоком уровне. Об этом свидетельствует сравнение полученных данных по некоторым видам растений с данными по северо-востоку

Европы (табл. 3). Общей особенностью химического состава растений в окрестностях пос. Баренцбург являются повышенные концентрации Si, Al, Fe. Это обусловлено выпадением большого количества геогенной пыли из-за наличия оголенных гор и грунтов.

Единичное опробование летних атмосферных осадков на метеоплощадке гидрометеорологической обсерватории «Баренцбург» показало, что по концентрациям основных ионов дождевая вода на Шпицбергене попадает в область высоких значений, свойственных северо-востоку Европы (табл. 4). Это характерно не только для Na^+ , SO_4^{2-} и Cl^- , повышенные концентрации которых могут быть обусловлены влиянием морских аэрозолей, но также для Ca^{2+} , Mg^{2+} и K^+ . По данным одного образца (Д-04), концентрации Al, Cr, Cu, Fe и Sr в фильтрованной части дождя в пос. Баренцбург находятся в области высоких, а Cd, Co, Mn и Pb — в области низких значений, свойственных осадкам северо-востока Европы (табл. 5).

Таблица 3

Концентрации зольных элементов (мг/кг) в растениях около пос. Баренцбург и медианы концентраций элементов в растениях на северо-востоке Европы (разложение конц. HNO_3 [9])

Местность	Si	Al	Fe	P	Ca	Mg	Mn	K	Na	S
Листья вороники (<i>Empetrum hermaphroditum</i>), N = 1										
Шпицберген	546	127	195	1308	4447	1514	395	5486	267	960
СВ Европы	187	59	60	1090	6120	1630	510	5080	30	1260
Листья ивы (<i>Salix ssp.</i>), медиана из 5 образцов										
Шпицберген	1032	254	216	3401	9517	4052	255	16027	267	1280
СВ Европы	97	24	79	3600	11000	3010	310	16500	22	2930
Ожика (<i>Luzula confusa</i>), N = 1										
Шпицберген	5838	1899	1030	3270	2789	1688	542	22908	549	484
Аулакомний вздутый (<i>Aulacomnium turgidum</i>), медиана из 5 образцов										
Шпицберген	2769	1169	1176	1334	4333	2864	39	3992	497	1080
Ракомитрий шерстистый (<i>Racomitrium lanuginosum</i>), N = 1										
Шпицберген	4166	2999	3995	471	2217	1333	240	1336	193	516
<i>Sanionia uncinata</i> (с единичной примесью других мхов), N = 1										
Шпицберген	5511	1640	2805	2450	6793	1568	54	5702	453	956
Гилокомий блестящий (<i>Hylocomium splendens</i>), N = 1										
Шпицберген	3241	1439	2088	1652	4426	3998	77	2673	571	1200
СВ Европы	–	168	192	1390	2420	1070	389	4905	64	834

Таблица 4

Значения pH основных ионов (мг/л) в образцах дождевой воды (Д-04 и Д-13); медиана и минимум/максимум варьирование этих показателей в реках около пос. Баренцбург, в дождевой воде и в реках 1–2-го порядка на северо-востоке Европы [6]

Элемент	Дождевые воды				Поверхностные воды			
	Д-04	Д-13	СВ Европы (N = 30)		Шпицберген (N = 8)		СВ Европы (N = 1365)	
			медиана	мин-макс	медиана	мин-макс	медиана	мин-макс
pH	–	–	4,70	4,3–5,9	5,7	4,8–7,3	7,3	4,2–9,9
Ca^{2+}	1,5	2,8	0,5	0,05–3,6	22,0	9,3–64,7	7,8	0,4–418
Mg^{2+}	0,16	0,24	0,11	0,02–2,0	10,2	4,9–31,0	2,4	0,05–99,4
Na^+	1,2	2,3	0,3	0,1–1,6	10,5	6,2–73,0	2,7	0,2–81,7
K^+	0,32	0,83	0,12	0,05–3,3	1,8	0,94–3,1	1,0	< 0,02–42,3
SO_4^{2-}	7,7	6,2	4,7	1,9–13,7	83,0	40,2–319,4	2,5	0,05–1140,0
Cl	1,9	5,8	0,3	0,1–53,5	4,2	0,76–42,6	1,2	0,2–83,8

При этом концентрации основных ионов во всех обследованных поверхностных водах около пос. Баренцбург выше медианы из набора данных, представляющих реки 1–2-го порядка на северо-востоке Европы. Концентрации Al, Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Sr и Zn в фильтрованной воде всех водотоков около пос. Баренцбург выше, а Cr и Fe значительно ниже медианы того же набора данных. Такие особенности химического состава поверхностных вод около пос. Баренцбург не согласуются с особенностями верхних слоев четвертичных отложений, которые, наоборот, значительно обеднены Ca, Mg, Sr и Mn, а уровни концентраций Cr и Fe не являются экстремально низкими.

Таблица 5

Концентрации элементов (мкг/л) в фильтрованной воде летних атмосферных осадков (Д-04); медианы и минимум/максимум варьирование концентраций в реках около пос. Баренцбург, в дождевой воде и реках 1–2-го порядка на северо-востоке Европы [7]

Элемент	Дождевая вода			Поверхностные воды			
	пос. Баренцбург (N = 1)	СВ Европы (N = 30)		около пос. Баренцбург (N = 5)		(N = 1365)	
	Д-04	медиана	мин-макс	медиана	мин-макс	медиана	мин-макс
Al	312	34,2	3,8–659	71	18–644	49,1	0,8–2950
Cd	0,07	0,10	0,02–1,3	0,16	0,03–1,0	0,01	0,002–0,5
Co	0,03	0,08	0,03–10	1,79	0,01–14	0,1	0,025–20
Cr	0,9	0,2	0,05–6,7	0,09	0,07–0,2	0,4	0,03–7,8
Cu	4,5	1,13	0,4–421	1,9	0,7–2,8	0,5	0,03–14
Fe	90	33	3,5–544	13	5–24	501	12–360
Mn	4	7	1,1–47	94	1–610	30,5	0,1–1390
Ni	1,5	0,45	0,1–227	43	1–96	0,5	0,1–185
Pb	0,9	2,1	0,5–28	0,06	0,05–0,2	0,13	0,01–9,4
Sr	137	2,5	0,37–86	147	107–1290	352	2,0–11100

Поверхностные воды представлены 8 образцами, отобранными в окрестностях пос. Баренцбург: 4 образца представляют водотоки со смешанным питанием — за счет ледника, поверхностного и грунтового стока (в т. ч. река Грёндален и ручей Улаф) и 4 образца — небольшие ручьи, питающиеся за счет грунтовых вод. Несмотря на то, что эти образцы представляют относительно небольшую территорию, обследованные водотоки значительно отличаются между собой по концентрации основных ионов (табл. 4) и микроэлементов (табл. 5).

Заключение

Рекогносцировочные комплексные биогеохимические исследования на побережьях в юго-западной части о-ва Зап. Шпицберген показали, что верхние четвертичные отложения (один из основных первичных источников элементов для остальных поверхностных компонентов окружающей среды) характеризуются очень высоким содержанием Si и As и экстремально низким — Ca, Mg, Sr и Mn. Несмотря на высокое широтное положение и низкие концентрации в почвообразующем материале, содержания большинства элементов в верхних горизонтах почв, растениях, атмосферных осадках и поверхностных водах не выходят за пределы диапазона варьирования, выявленного для этих сред на северо-востоке Европы. Высокие концентрации As, Cd, Hg и Se в верхних горизонтах почв, часто используемых в экологических целях, имеют естественное происхождение: повышенные концентрации в почвообразующем материале для As, и обогащение в процессе почвообразования для Cd и Hg.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кашулина Г. М. Геохимические особенности почв окрестностей Баренцбурга, Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты: КНЦ РАН, 2006. Вып. 6. С. 321–330.
2. Переверзев В. Н. Почвы побережий фьордов острова Западный Шпицберген. Апатиты: КНЦ РАН, 2012. 122 с.
3. Биогеохимические особенности почв юго-западного побережья острова Западный Шпицберген / Г. М. Кашулина [и др.] // Труды XIV Всерос. (с междунар. участием) Ферсмановской научной сессии, посвященной 100-летию со дня рождения акад. АН СССР А. В. Сидоренко и д. г.-м. н. И. В. Белькова. Апатиты: КНЦ РАН, 2017. С. 426–428.
4. Кашулина Г. М., Баскова Л. А., Лихачев А. Ю. Химический состав растений окрестностей Баренцбурга, Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты: КНЦ РАН, 2007. Вып. 7. С. 254–265.
5. Кашулина Г. М., Кашулин Н. А. Химический состав поверхностных вод окрестностей Баренцбурга, Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Апатиты: КНЦ РАН, 2005. Вып. 5. С. 308–314.
6. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов: справ.: в 6 кн. М.: Недра, 1994–1997.
7. Geochemical atlas of eastern Barents region / R. Salminen [et al.] // J. Geochemical Exploration. 2004. Vol. 83, No. 1–3. 530 p.
8. Environmental Geochemical Atlas of the Central Barents Region. NGU-GTK-CKE special publication / C. Reimann [et al.] // Geological Survey of Norway, Trondheim. 1998. 745 p.
9. Comparison of the element composition in several plant species and their substrate from a 1,500,000 km² — area in Northern Europe / C. Reimann [et al.] // The Sci. of the Total Environment. 2001. Vol. 278. P. 87–112.

Сведения об авторах

Кашулина Галина Михайловна — доктор биологических наук, заведующий лабораторией почвоведения Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН
E-mail: galina.kashulina@gmail.com

Литвинова Татьяна Ивановна — младший научный сотрудник лаборатории почвоведения Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН
E-mail: lita_0409@mail.ru

Дрогобужская Светлана Витальевна — кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева КНЦ РАН
E-mail: Drogo_sv@chemy.kolasc.net.ru

Баскова Людмила Алексеевна — младший научный сотрудник лаборатории почвоведения Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН

Author Affiliation

Galina M. Kashulina — Doctor of Sciences (Bio), Head of Laboratory of Soil Science at the N. A. Avronin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of the KSC of the RAS
E-mail: galina.kashulina@gmail.com

Tatyana I. Litvinova — Junior Researcher of Laboratory of Soil Science at the N. A. Avronin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of the KSC of the RAS
E-mail: lita_0409@mail.ru

Svetlana V. Drogobuzhskaya — PhD (Chemistry), Associate Professor, Senior Researcher at the I. V. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials of the KSC of the RAS
E-mail: Drogo_sv@chemy.kolasc.net.ru

Baskova Lyudmila A. — Junior Researcher of Laboratory of Soil Science at the N. A. Avronin Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of the KSC of the RAS

Библиографическое описание статьи

Кашулина, Г. М. Комплексные биогеохимические исследования окружающей среды на острове Западный Шпицберген / Г. М. Кашулина [и др.] // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 4 (9). — С. 75–80.

Reference

Kashulina Galina M., Litvinova Tatyana I., Drogobuzhskaya Svetlana V., Baskova Lyudmila A. Complex Biogeochemical Environmental Studies on Western Spitsbergen Island. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 75–80. (In Russ.).

УДК 612.015.2

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА
ЖИТЕЛЕЙ МОЛОДОГО ВОЗРАСТА И СТАРШЕЙ ВОЗРАСТНОЙ ГРУППЫ
РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ**

**Е. А. Луговая¹, Е. М. Степанова¹, Д. В. Варганова², И. А. Виноградова²,
И. В. Смусенок², А. К. Куликова²**

¹НИЦ «Арктика» ДВО РАН, г. Магадан

²ФГБОУ ВО Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск

Аннотация

Представлены результаты элементного анализа волос жителей Карелии молодого, пожилого и старческого возраста. В волосах молодых людей установлен дефицит Ca, Mg, Se, Na и избыток Zn, Cd и Hg. Для населения старшей возрастной группы выявлены недостаток эссенциальных элементов Ca, Mg, Co, Cu, Fe, Zn, P и I и повышенное содержание Na, K и Hg. Представлены возможные причины и последствия выявленного дисбаланса минералов у населения разных возрастных групп.

Ключевые слова:

макро- и микроэлементы, дисбаланс, студенты, пожилые, Север.

**REGION-RELATED ESSENTIAL ELEMENT STATUS OBSERVED
IN THE YOUNG AND ELDERLY RESIDENTS OF REPUBLIC OF KARELIA**

**Elena A. Lugovaya¹, Evgeniya M. Stepanova¹, Darya V. Varganova², Irina A. Vinogradova²,
Irina V. Smusenok², Anastasiya K. Kulikova²**

¹Research Centre "Arktika" of the Far-Eastern Branch of the RAS, Magadan

²Petrozavodsk State University, Petrozavodsk

Abstract

The article contains the results of the elemental analyses of hair samples taken from young, elderly and old people of Karelia. The deficit in Ca, Mg, Se, Na and excess in Zn, Cd and Hg have been found in young people hair samples. Elderly and old people demonstrated deficit in essential elements Ca, Mg, Co, Cu, Fe, Zn, P, I and excess in Na, K and Hg. Possible reasons and sequelae of element misbalance revealed in people of different ages were revealed.

Keywords:

macro- and microelements, misbalance, students, elderly people, North.

Введение

Одним из важнейших условий нормального функционирования организма является стабильность его химического состава. Отклонения в содержании химических элементов могут приводить к достаточно широкому спектру нарушений в состоянии здоровья. При этом содержание макро- и микроэлементов в организме человека зависит не только от пищевого рациона и индивидуальных особенностей организма, но и напрямую связано с местом жительства [1].

Северные территории, в т. ч. Республика Карелия, имеют особенности в распределении химических элементов в природных средах. Существующий недостаток или избыток элементов способствует формированию специфической для данной территории патологии у человека, так как в его организм макро- и микроэлементы поступают только извне — с питьевой водой и пищей. Почти для всех северных территорий характерны слабоминерализованные мягкие питьевые воды и почвы с бедным микроэлементным составом, что выражается в особенностях минерального состава местных пищевых продуктов [2]. Существенный дефицит ряда элементов

на Севере повышает риск развития многочисленных заболеваний, характерных для его жителей: гипертоническая болезнь (дефицит Mg, Ca), патология щитовидной железы (дисбаланс I, Se, Mn, Co, Ca, Mg и др.), иммунодефицитные состояния (дефицит Se, I, Zn), артрозы (дефицит или избыток Ca, S, Sr и др.), анемии (дефицит Fe, Co, Mg, Ca и др.), мочекаменная болезнь (избыток Ca, Si), болезни зубов (дисбаланс Ca, F) [3].

Особенное значение это имеет для молодежи и лиц пожилого возраста, так как при активном ритме жизни требуется повышенное потребление, а при старении нарушается поступление многих эссенциальных макро- и микроэлементов, прежде всего значимых для северян, — Se, Ca, Mg, Zn и происходит накопление токсичных — Cd, Pb, Hg, Al, As. Так, в организме молодых людей не полностью сформированы механизмы контроля поддержания элементного гомеостаза, а в организме пожилого человека утрачивается данный эффективный контроль [3].

Материал и методика исследования

Для установления региональных особенностей содержания макро- и микроэлементов в организме жителей Республики Карелия был произведен отбор здоровых добровольцев в возрасте от 19 до 25 лет из числа студентов Петрозаводского государственного университета (ПетрГУ) и добровольцев старшей возрастной группы в возрасте от 60 до 87 лет. Всего в исследовании приняли участие 107 человек: 50 молодого возраста (25 юношей и 25 девушек), а также 57 старшей возрастной группы, из которых 7 мужчин и 26 женщин были пожилого возраста (от 60 до 74 лет) и 7 мужчин и 17 женщин были старческого возраста (75–87 лет).

В качестве биообъекта для элементного анализа использовали волосы с затылочной части головы. Волосы в качестве объекта исследования были выбраны, так как анализ данного биоматериала является наиболее удобным для целей массовых скрининговых исследований на состояние элементного баланса. Метод отличается простотой забора и хранения биоматериала, пробоподготовки, неинвазивностью обследования, возможностью одновременного определения широкого спектра показателей [4]. Согласно данным многочисленных исследований, в том числе выполненных под руководством Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), использование волос с целью оценки макро- и микроэлементного статуса всего организма оправданно и продуктивно [5]. Все образцы волос были собраны и подвергнуты пробоподготовке согласно требованиям МАГАТЭ и методических рекомендаций Министерства здравоохранения СССР и Федерального центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора РФ [6]. На каждого испытуемого была заполнена специально разработанная анкета, в которой были указаны персональные данные (пол, возраст, рост, вес, наличие или отсутствие хронических заболеваний, вредных привычек, прием лекарственных средств и витаминов).

В волосах определялось содержание 25 элементов: Al, As, B, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sn, V, Zn — с помощью атомной эмиссионной спектрометрии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой на приборах Optima 2000 DV и ELAN 9000 (Perkin Elmer Corp., США). Аналитические исследования были проведены в лаборатории ООО «Микронутриенты» (г. Москва). Полученные в ходе исследования результаты о содержании химических элементов в волосах жителей Карелии были сопоставлены с границами нормального содержания элементов в волосах жителей средней полосы России [7].

Результаты и их обсуждение

В результате исследования элементного статуса здоровых молодых людей было установлено, что у 50–90 % обследованных наблюдался дефицит жизненно необходимых элементов Ca и Mg. Содержание Se и Na оказалось ниже нормы у всех обследованных. Выше верхней границы нормы оказалось содержание такого эссенциального микроэлемента, как Zn, что говорит о недостатке данного элемента в организме и избыточном его выделении, и таких токсических элементов, как Hg и Cd. Концентрации Al, As, B, Be, Co, Cr, Cu, Fe, I, K, Li, Mn, Ni,

P, Pb, Si, Sn, V в волосах у здоровых добровольцев укладывались в диапазон рекомендуемых нормативов. Анализ содержания элементов в волосах населения Карелии старшей возрастной группы показал дефицит таких эссенциальных элементов, как Ca, Mg, Co, Cu, Fe, Zn, P и I, а также избыток макроэлементов Na и K и токсичного элемента Hg (табл.).

Содержание химических элементов в волосах добровольцев, принявших участие в исследовании (Me — медиана концентраций элементов (25-й и 75-й перцентиль), мкг/г

Химический элемент	Возрастная группа			
	19–25 лет		60–87 лет	
	Наши данные	Референтные значения [7]	Наши данные	Референтные значения [7]
Al	4,335 (2,23; 6,66)	6; 18	5,11 (3,51; 6,61)	7; 20
As	0,042 (0,042; 0,042)	0,00; 0,56	0,042 (0,042; 0,054)	0,0001; 0,98
B	0,385 (0,07; 1,16)	–	0,759 (0,351; 1,95)	–
Be	0,003 (0,003; 0,003)	0,00; 0,01	0,003 (0,003; 0,003)	0,001; 0,01
Ca	251,755 (161,78; 663,66)	494; 1619	283,91 (187,21; 556,3)	354; 1122
Cd	0,008 (0,005; 0,021)	0,02; 0,12	0,02 (0,009; 0,037)	0,02; 0,13
Co	0,008 (0,004; 0,030)	0,04; 0,16	0,008 (0,005; 0,015)	0,02; 0,10
Cr	0,28 (0,18; 0,53)	0,32; 0,96	0,356 (0,192; 0,566)	0,020; 0,60
Cu	11,695 (8,94; 37,63)	9; 14	11,41 (9,92; 13,68)	9; 12
Fe	18,61 (13,49; 30,68)	11; 24	10,86 (7,57; 16,56)	12; 25
Hg	0,595 (0,32; 0,99)	–	0,834 (0,416; 1,69)	–
I	0,48 (0,30; 1,82)	–	0,421 (0,3; 1,24)	–
K	55,33 (27,05; 163,55)	29; 159	204,07 (74,59; 439,52)	52; 433
Li	0,012 (0,012; 0,012)	0,00; 0,02	0,012 (0,012; 0,014)	0,001; 0,04
Mg	28,735 (16,98; 66,79)	39; 137	28,7 (16,83; 84,63)	32; 113
Mn	0,695 (0,24; 2,55)	0,32; 1,13	0,576 (0,264; 1,29)	0,31; 1,29
Na	51,37 (16,17; 183,71)	73; 331	455,17 (144,18; 1087,75)	138; 739
Ni	0,175 (0,09; 0,9)	0,14	0,184 (0,104; 0,324)	0,14; 0,51
P	163,195 (144,98; 181,38)	0,53	147,63 (137,51; 160,1)	128; 160
Pb	0,185 (0,09; 0,45)	0,38; 1,4	0,297 (0,185; 1,1)	0,5; 1,647
Se	0,295 (0,26; 0,33)	0,69; 2,20	0,482 (0,347; 0,632)	0,77; 2,51
Si	17,835 (7,61; 37,32)	11; 37	27,17 (20,4; 53,04)	9; 25
Sn	0,08 (0,04; 0,24)	–	0,099 (0,062; 0,219)	–
V	0,006 (0,004; 0,011)	–	0,042 (0,017; 0,079)	–
Zn	223,91 (183,05; 251,47)	155; 206	155,12 (132,02; 187,5)	145; 196

В Республике Карелия существуют территории с техногенным загрязнением Hg, в водных объектах было неоднократно отмечено повышенное содержание данного элемента. В волосах обследованных всех возрастных групп повышенный уровень Hg может быть связан с тем, что поверхностные воды служат источником водоснабжения населения Карелии в 53,8 % случаев, несмотря на то, что в питьевой воде уровень Hg постоянно не контролируется [8].

Содержание Mg, Ca, Na в волосах обследованных здоровых добровольцев было ниже рекомендуемых норм. В организм человека данные элементы поступают преимущественно с растительной пищей и водой [9]. Поверхностные воды Карелии по природному химическому составу и качеству имеют низкую минерализацию и обеднены данными ионами [10]. В Карелии питьевую воду, а также выращиваемые для употребления в пищу растения нельзя считать достаточными источниками ионов Mg, Ca и Na.

Дефицит эссенциального микроэлемента Se, который обнаружен в волосах студентов, характерен для всего Северо-Запада России. Его недостаток приводит к нарушению целостности клеточных мембран, снижению энергопродуцирующих процессов, возникновению опухолевых заболеваний.

Повышенный уровень Cd в волосах студентов, принявших участие в исследовании, можно связать с курением, он способен накапливаться в листьях табака, при ингаляционном поступлении усваивается организмом на 50 %. Повышенная концентрация Cd у некоторых добровольцев свидетельствует о том, что среди студентов с большой частотой присутствовали курильщики табака. Воздействие Cd на организм человека связано со снижением фагоцитарной способности макрофагов, пониженной активностью естественных клеток-киллеров [11], что объясняет уменьшение стойкости организма курящего человека к возникновению инфекционных заболеваний.

Повышенное содержание Zn в волосах здоровых молодых добровольцев указывает на нарушение минерального обмена, приводящее к дефициту и перераспределению Zn в организме, а не на избыточное его поступление в организм. Zn необходим для регенерации тканей, формирования T- и B-клеточного иммунитета, процессов выработки антител, функций естественных клеток-киллеров. Дефицит Zn, ввиду увеличения его расхода организмом, развивается при всех инфекционных процессах, что ведет к расстройству фагоцитоза [11].

Причинами дефицита жизненно необходимых элементов — Ca, Mg, Co, Cu, Fe, Zn, P и I — у добровольцев старшей возрастной группы могут быть: недостаточное поступление данных элементов с пищей и водой (неполноценное питание); повышенное выведение минералов при заболеваниях почек и желудочно-кишечного тракта; заболевания эндокринной системы; диабет; стресс; интоксикации (в том числе токсичными элементами).

Дефицит Ca, Mg, Co, Cu, Fe, Zn, P и I может стать причиной для развития таких патологических состояний, как остеопороз, заболевания сердца, гипертензия, заболевания щитовидной железы, анемия, диабет, болезни зубов, пародонтоз, иммунодефицит, аллергические заболевания, а также приводить к преждевременному старению.

Высокая же концентрация в волосах людей пожилого возраста Na и K говорит о нарушении обмена данных ионов в организме, что может быть связано с нарушениями функции коры надпочечников, болезнями почек, гипертонической болезнью и аритмиями, диабетом, а также избыточным употреблением соли.

Выводы

Хронический дефицит элементов в северных условиях может стать основой для формирования широкого спектра заболеваний. Низкие концентрации в волосах Ca и Mg и повышенные — Hg у добровольцев всех возрастных категорий можно рассматривать в качестве эколого-гигиенических особенностей Карелии. Республика Карелия характеризуется наличием слабоминерализованных питьевых вод и местных продуктов, недостаточных для восполнения дефицита минералов. Постоянное воздействие северно-специфических факторов, таких как температурный и световой режим, сезонные контрасты климата, резкие перепады атмосферного давления, ослабляют усвоение поступающих в организм питательных веществ и увеличивают потребность в них. В отличие же от молодежи, у людей старшей возрастной группы наблюдается дефицит Co, Cu, Fe, Zn, P, I и дисбаланс Na и K, что, вероятнее всего, является следствием наличия у людей пожилого и старческого возраста различных заболеваний.

Содержание химических элементов у населения разных возрастных групп отличается и зависит от индивидуальных особенностей человека, соответственно профилактика и коррекция дисбаланса элементов должна проводиться с учетом выявленного недостатка или избытка макро- и микроэлементов в организме конкретного человека, чего не позволяют сделать имеющиеся на данный момент в продаже стандартизированные витаминно-минеральные комплексы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н. А., Скальный А. В., Детков В. Ю. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управления здоровьем нации // Экология человека. 2013. № 11. С. 3–12.
2. Почвы Карелии: геохимический атлас / Н. Г. Федорец [и др.]; отв. ред. В. И. Крутов; Рос. акад. наук, Карел. науч. центр, Ин-т леса. М.: Наука, 2008. 44 с.
3. Горбачев А. Л., Луговая Е. А. Возрастные перестройки микроэлементной системы человека как биохимический механизм старения // Северо-Восточный науч. журн. 2010. № 1. С. 54–62.
4. Скальный А. В., Демидов В. А., Скальная М. Г. Оценка элементного статуса популяции в гигиенической донозологической диагностике // Вестник СПбГМА им. И. И. Мечникова. 2001. № 2–3 (2). С. 64–67.
5. The significance of hair mineral analysis as a means for assessing internal body burdens of environmental pollutants: results from an IAEA Co-ordinated Research Programme / Toro E. Cortes [et al.] // J. Radioanal Nucl. Chem. 1993. No. 167. P. 413–421.
6. Любченко П. Н., Ревич Б. А., Левченко И. И. Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами: метод. рекомендации: утв. МЗ СССР 28.11.1988 г. М., 1988. 24 с.
7. Скальный А. В. Референтные значения концентраций химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС / АНО Центр биотической медицины // Микроэлементы в медицине. 2003. № 4 (1). С. 55–56.
8. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2012 году / гл. ред. А. М. Громцев; М-во по природопользованию и экологии Республики Карелия. Петрозаводск, 2013. 294 с.
9. Скальный А. В. Магний: энергия жизни, уверенность, сила. М.: МедЭкспресс, 2004. 104 с.
10. Доршакова Н. В. Качество окружающей среды и здоровье человека в условиях Карелии. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1997. 204 с.
11. Скальный А. В., Рудаков И. А. Биоэлементы в медицине. М.: Оникс 21 век, 2004; Мир, 2004. 272 с.

Сведения об авторах

Луговая Елена Александровна — кандидат биологических наук, доцент, заместитель директора по науке НИЦ «Арктика» ДВО РАН

E-mail: elena_plant@mail.ru

Степанова Евгения Михайловна — младший научный сотрудник НИЦ «Арктика» ДВО РАН

E-mail: at-evgenia@mail.ru

Варганова Дарья Владимировна — кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармакологии, организации и экономики фармации ПетрГУ

E-mail: zhurakhovskaya@mail.ru

Виноградова Ирина Анатольевна — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой фармакологии, организации и экономики фармации ПетрГУ

E-mail: irinav@petsu.ru

Смусенок Ирина Владимировна — студентка III курса специальности «Фармация» ПетрГУ

E-mail: smusenok.irina@mail.ru

Куликова Анастасия Константиновна — студентка III курса специальности «Фармация» ПетрГУ

E-mail: kulikov-anastasiya@yandex.ru

Author Affiliation

Elena A. Lugovaya — PhD (Bio), Associate Professor, Deputy Science Director at the Research Centre “Arktika” of the Far-Eastern Branch of the RAS

E-mail: elena_plant@mail.ru

Evgeniya M. Stepanova — Junior Researcher of the Research Centre “Arktika of the Far-Eastern Branch of the RAS

E-mail: at-evgenia@mail.ru

Darya V. Varganova — PhD (Pharmaceutical Sciences), Associate Professor at Department of Pharmacology, Pharmaceutical Economics and Policy of Petrozavodsk State University

E-mail: zhurakhovskaya@mail.ru

Irina A. Vinogradova — Doctor of Sciences (Medical), Professor, Head of Department of Pharmacology, Pharmaceutical Economics and Policy of Petrozavodsk State University

E-mail: irinav@petsu.ru

Irina V. Smusenok — Third-year Student (Specialization Pharmacy) of Petrozavodsk State University

E-mail: smusenok.irina@mail.ru

Anastasiya K. Kulikova — Third-year Student (Specialization Pharmacy) of Petrozavodsk State University

E-mail: kulikov-anastasiya@yandex.ru

Библиографическое описание статьи

Луговая, Е. А. Региональные особенности элементного статуса жителей молодого возраста и старшей возрастной группы Республики Карелия / *Е. А. Луговая [и др.]* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 4 (9). — С. 81–86.

Reference

Lugovaya Elena A., Stepanova Evgeniya M., Varganova Darya V., Vinogradova Irina A., Smusenok Irina V., Kulikova Anastasiya K. Region-Related Essential Element Status Observed in the Young and Elderly Residents of Republic of Karelia. *Herald of the Kola Science of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 81–86. (In Russ.).

УДК 549:577.122.3:612.357.6

БЕЛКОВАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ В ХОЛЕЛИТАХ*

Е. В. Машина, С. Н. Шанина

ФГБУН Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

Аннотация

Изучен аминокислотный состав холелитов (желчные камни), а также возможное влияние белковой составляющей на процесс кристаллизации минеральных фаз в желчных камнях. Исследовались холестериновые и пигментные холелиты жителей Республики Коми. Установлено, что холестериновые холелиты характеризуются доминированием алифатических, гидроксильных и кислых аминокислот. В пигментных холелитах отмечается преобладание кислых, алифатических и ароматических аминокислот. Содержание аминокислот повышается в образцах с присутствием минеральной составляющей (карбонатной или фосфатной).

Ключевые слова:

холелиты, биоминеральные образования, аминокислоты, холестерин, билирубин.

PROTEIN COMPOSITION IN GALLSTONES

Ekaterina V. Mashina, Svetlana N. Shanina

Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the RAS, Syktykvar

Abstract

The amino acid composition of gallstones has been studied, as well as the possible influence of the protein component on the process of crystallization of mineral phases in gallstones. Cholesterol and pigment gallstones of the Komi Republic were studied. It has been established that cholesterol gallstones are characterized by the predominance of aliphatic, hydroxyl and acidic amino acids. Pigment gallstones show a predominance of acidic, aliphatic and aromatic amino acids. The content of amino acids is increased in the samples with the presence of a mineral component (carbonate or phosphate).

Keywords:

gallstones, biomineral formations, amino acids, cholesterol, bilirubin.



Введение

Исследование белковой компоненты в составе патогенных образований в организме человека, в т.ч. в холелитах, остается актуальным и по сей день. Особо интересным, с точки зрения минералогических исследований, здесь представляется изучение влияния белковой составляющей на образование тех или иных минеральных фаз. Основные неорганические соединения холелитов представлены карбонатом и фосфатом кальция [1], которые довольно широко распространены в природе. Их образование связывается со многими факторами, и один из них — влияние белковой органической матрицы. Например, за регуляцию процессов минерализации при формировании раковины у моллюсков, состоящих из карбоната кальция, отвечает белок конхиолин. В составе этого белка обнаружены высокие содержания кислых аминокислот. Предполагается, что белковая матрица выполняет функцию ионообменных смол, где кислые аминокислоты могут выполнять функции фиксации кальция, а аминокислоты лизин, гистидин, аргинин участвуют в процессах концентрации карбонатных ионов [2].

* Исследования выполнены на аналитическом оборудовании ЦКП «Геонаука» в ИГ Коми НЦ УрО РАН и проводились при поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 15-18-5-5.

Целью настоящего исследования являлось изучение аминокислотного состава холелитов и выявление взаимосвязи аминокислотного состава с минеральной составляющей желчных камней.

Материал и методика исследования

Объектом для исследования послужили 7 проб холестеринowych и 4 пробы пигментных холелитов, обнаруженных у жителей Республики Коми. Методика извлечения, идентификация и определение содержания аминокислот подробно описаны в работе [3]. Для исследования состава холелитов использовались методы сканирующей электронной микроскопии (СЭМ Jeol JSM-6400, оснащенный энергодисперсионным спектрометром Link), рентгеноструктурного анализа (рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD-6000) и ИК-спектроскопии (спектрометр Specord M-75). Согласно этим данным, холелиты были разделены на шесть групп, из них: холестеринowe — без минеральной составляющей (обр. 1, 9, 49), содержащие фосфат кальция (обр. 33, 436) и карбонат кальция (обр. 42, 76); пигментные — без минеральной составляющей (обр. 17), содержащие фосфат кальция (обр. 55) и карбонат кальция (обр. 79, 80).

Результаты и их обсуждение

Холестеринowe холелиты. Установлено, что содержание аминокислот в холестеринowych камнях изменяется от 1 до 28 мг/г сухой навески. В холестеринowych холелитах без минеральной компоненты содержание аминокислот составляет менее 3 мг/г. Здесь доминируют алифатические, гидроксильные и кислые аминокислоты (рис. 1, а). Среди индивидуальных аминокислот преобладает глицин.

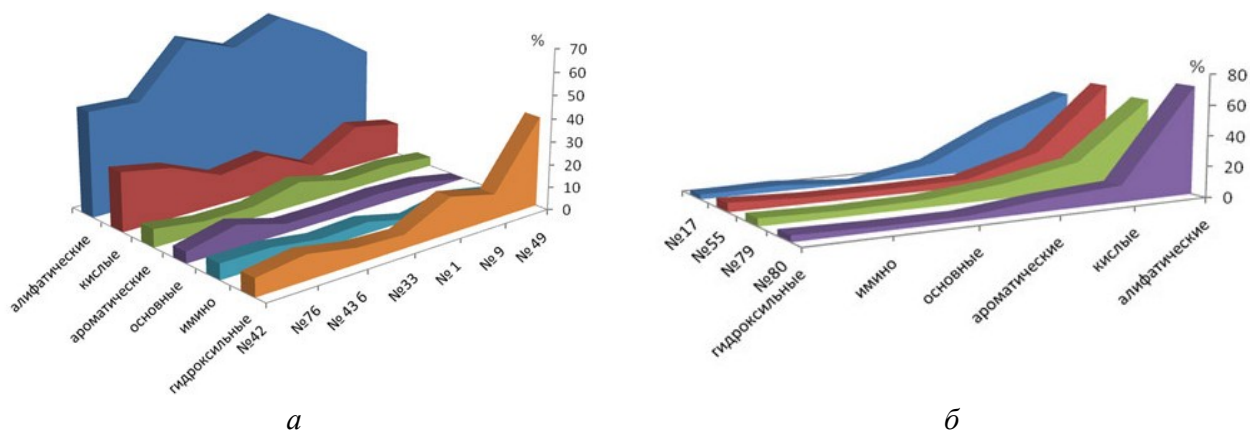


Рис. 1. Групповое распределение аминокислот в холестеринowych (а) и пигментных (б) холелита

В холестеринowych камнях с присутствием минеральной составляющей содержание аминокислот увеличивается. Так, в холестеринowych образцах, содержащих фосфат кальция, концентрация аминокислот несколько выше, чем в холестеринowych холелитах без минеральной компоненты (5,6–7,8 мг/г). В групповом составе, при снижении гидроксильных, доминируют алифатические и кислые аминокислоты. Среди индивидуальных аминокислот также лидирует глицин. В желчных камнях, в составе которых присутствует карбонат кальция, установлены максимальные концентрации аминокислот среди холестеринowych холелитов (17,2–28,1 мг/г). При этом здесь, по сравнению с образцами, содержащими фосфат кальция, наблюдается снижение доли алифатических и увеличение доли кислых и основных аминокислот. Возрастание доли основных аминокислот происходит за счет увеличения содержания лизина. Отмечается, что в образце, содержащем ватерит (обр. 42), среди индивидуальных аминокислот лидирует глутаминовая кислота, а в холелите с арагонитом (обр. 76) на первом месте находится глицин. Экспериментальным путем установлено, что ватерит может зародиться и потом расти в качестве стабильной фазы на фибрине [4]. Фибрин относится к высокомолекулярному неглобулярному белку, образованному из фибриногена, который синтезируется в печени. В крови фибрин образует длинные нити-

фибриллы, куда оседают тромбоциты и эритроциты, поэтому его еще называют красным тромбом. Основной аминокислотный состав фибрина представлен глутаминовой и аспарагиновой кислотами, глицином, серином и лизином. Следует отметить, что изученный нами ватерит представлен частицами сферической формы, размер которых составляет от 3 мкм и более, что вполне соответствует морфологии и размерам частиц, полученным в присутствии фибрина (рис. 2). На возможное присутствие фибрина в холелитах указывают обнаруженные нами эритроциты, переплетенные волокнистыми нитями, размер которых соответствует фибрину (рис. 3).

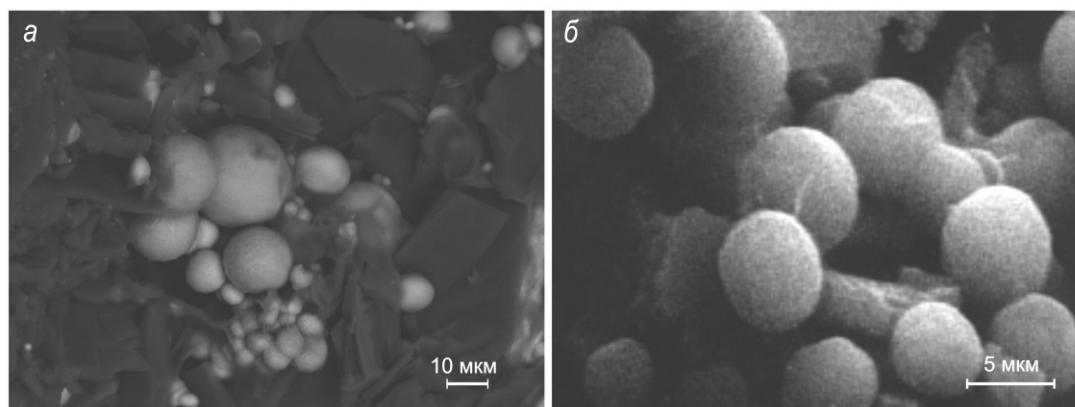


Рис. 2. Ватерит: *а* — в холестериновом холелите, *б* — синтезированный на фибрине, по данным работы [4]

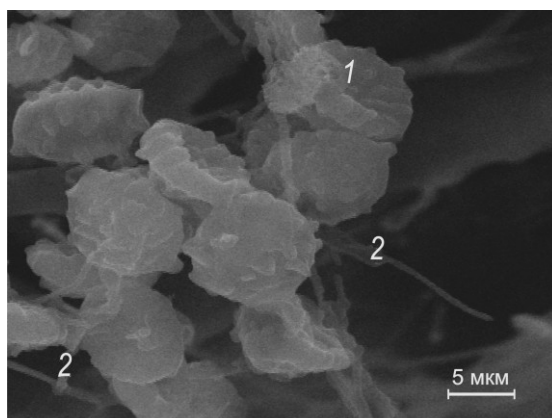


Рис. 3. Эритроциты (точка 1) в нитях фибрина (точка 2) в холелите

Пигментные холелиты. Установлено, что содержание аминокислот в пигментных камнях значительно выше, чем в холестериновых, и варьирует 12,5–30,1 мг/г сухой навески. В пигментном холелите без минеральной составляющей содержание аминокислот составляет 12,5 мг/г. Отмечается доминирование кислых, алифатических и ароматических аминокислот (рис. 1, *б*). Повышение доли ароматических аминокислот происходит за счет возрастания фенилаланина. Среди индивидуальных аминокислот на первом месте находится глутаминовая кислота.

В пигментных образцах с минеральной составляющей концентрация аминокислот меняется от 21,8–30,1 мг/г, причем эти содержания несколько выше, чем в рассмотренных ранее холестериновых камнях с минеральной компонентой. Так, в пигментном камне с фосфатом кальция, содержание аминокислот составляет 30 мг/г, здесь отмечается доминирование алифатических и кислых аминокислот. В пигментных образцах, содержащих карбонатные минералы, концентрации аминокислот меняются от 21,8 до 30,1 мг/г. В данной группе образцов преобладают алифатические, кислые и ароматические аминокислоты, возрастание доли последних происходит за счет фенилаланина. Во всех пигментных камнях с минеральной составляющей среди индивидуальных аминокислот на первом месте находится глицин.

Результаты наших исследований показали, что в холестериновых камнях содержание серина (гидроксильная аминокислота), а в пигментных фенилаланина (ароматическая аминокислота) повышены. Скорее всего, это связано с различной белковой составляющей при формировании пигментных и холестериновых холелитов. Предполагается, что основным белком, способствующим осаждению холестерина, является муцин [5]. Данный белок характеризуется большим содержанием серина и треонина, это обусловлено тем, что сотни углеводных цепочек связываются только с серином или треонином. В составе пигментных камней найден альбумин, его аминокислотный состав представлен в основном глутаминовой и аспарагиновой аминокислотами, лейцином, фенилаланином [6]. Значительное возрастание концентраций данных аминокислот в изученных нами пигментных холелитах, вероятно, связано с присутствием альбумина. Молекула альбумина связывает билирубин и жирные кислоты, а также катионы различных металлов [7].

Заключение

На основании исследования состава аминокислот в холелитах жителей Республики Коми показано, что образование холестериновых и пигментных камней проходило с участием различных белков. Присутствие в составе холелитов минеральной составляющей приводит к росту содержания аминокислот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рентгенография желчных камней / Ю. А. Ефимова [и др.] // Вопросы биологической медицинской и фармацевтической химии. 2005. № 2. С. 36–49.
2. Дроздова Т. В. Геохимия аминокислот. М.: Наука, 1977. 199 с.
3. Шанина С. Н., Голубев Е. А. Аминокислоты в шунгитах Карелии // Геохимия. 2010. Т. 48, № 9. С. 972–987.
4. Kanakis J., Dalas E. The crystallization of vaterite on fibrin // J. Cryst. Growth. 2000. Vol. 219, No. 3. P. 277–282.
5. Ganesh I., Subramani D., Halagowder D. Mucin glycoarray in gastric and gallbladder epithelia // J. Carcinog. 2007. P. 6–10.
6. Ternary complexes of albumin-Mn(II)-bilirubin and Electron Spin Resonance studies of gallstones / E. N. Chikvaidze [et al.] // J. Georgian. Med. News. 2009. Vol. 3 (168). P. 11–15.
7. Шейбак В. М. Транспортная функция сывороточного альбумина: цинк и жирные кислоты // Вестник Витебского гос. мед. ун-та. 2015. Т. 14, № 2. С. 16–22.

Сведения об авторах

Машина Екатерина Валерьевна — младший научный сотрудник Института геологии Коми НЦ УрО РАН

E-mail: borovkova@geo.komisc.ru

Шанина Светлана Николаевна — кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геологии Коми НЦ УрО РАН

E-mail: shanina@geo.komisc.ru

Author Affiliation

Ekaterina V. Mashina — Junior Researcher of Komi Science Centre of the Ural Branch of the RAS

E-mail: borovkova@geo.komisc.ru

Svetlana N. Shanina — PhD (Geol. & Mineral.), Senior Researcher of the Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the RAS

E-mail: shanina@geo.komisc.ru

Библиографическое описание статьи

Машина, Е. В. Белковая составляющая в холелитах / Е. В. Машина, С. Н. Шанина // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 4 (9). — С. 87–90.

Reference

Mashina Ekaterina V., Shanina Svetlana N. Protein Composition in Gallstones. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 87–90. (In Russ.).

УДК 616.7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКЕРОВ КОСТНОГО МЕТАБОЛИЗМА У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ ПОЧЕК

А. А. Мелентьева¹, О. Ю. Барышева², Г. П. Тихова³

¹ГБУЗ «Республиканская больница им. В. А. Баранова», г. Петрозаводск

²ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

³ООО «ИнтелТек Лаб», г. Петрозаводск

Аннотация

Минерально-костные нарушения при хронической болезни почек (МКН-ХБП) — активно изучаемая тема последних лет за счет наличия доказанной взаимосвязи между МКН-ХБП и развитием неблагоприятных клинических исходов. Существующие на сегодня маркеры оценки костного метаболизма не являются совершенными, а выполнение костной биопсии не относится к рутинным методам диагностики МКН. В ходе проведенного исследования обоснована необходимость определения дополнительных маркеров костного обмена для оценки МКН-ХБП в качестве которых предлагается использовать активную изоформу 5b тартрат-резистентной кислой фосфатазы и С-концевой пропептид коллагена 1-го типа.

Ключевые слова:

хроническая болезнь почек, минерально-костные нарушения при ХБП, костный обмен.

DEFINITION OF BONE TURNOVER MARKERS IN PATIENTS WITH CHRONIC KIDNEY DISEASE

Anastasia A. Melenteva¹, Olga Yu. Barysheva², Galina P. Tihova³

¹ V. A. Baranov Republican Hospital, Petrozavodsk

²Petrozavodsk State University, Petrozavodsk

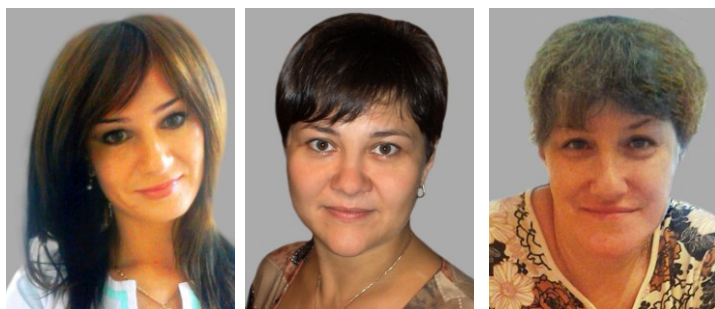
³IntelTek Lab, Petrozavodsk

Abstract

Mineral and bone disorders in patients with chronic kidney disease (MBD-CKD) are an actively studied topic in recent years due to the proven relationship between MBD-CKD and the development of adverse clinical outcomes. Existing markers of evaluation bone metabolism are not perfect and bone biopsy is used infrequently in clinical practice because it is an invasive. At recent years the most common forms of MBD-CKD are attributable largely to variations in the plasma levels of parathyroid hormone but its specificity as an indicator of bone turnover has been questioned. Several other circulating markers of bone metabolism have been investigated as clinical indicators of bone turnover in patients with different stages of CKD. Based on results of the study, active isoform of 5b tartrate-resistant acid phosphatase and C-terminal propeptide of collagen type 1 can be used as additional markers of bone metabolism.

Keywords:

chronic kidney disease, mineral and bone disorders in CKD, bone turnover.



Введение

За последнее время отмечен глобальный рост пациентов с хронической болезнью почек, что определяет эту патологию как «молчаливую эпидемию», которая распространяется во всех уголках земного шара. Наличие хронической болезни почек тесно связано со снижением качества и продолжительности жизни [1].

Минерально-костные нарушения являются широко распространенным прогрессирующим осложнением ХБП и наиболее активно обсуждаемой темой последних лет за счет взаимосвязи

наличия МКН с неблагоприятными исходами: развитием высокого риска сердечно-сосудистой и общей летальности, а также переломов костей различной локализации.

В этом контексте оценка костного обмена является одним из важных критериев диагностики МКН-ХБП. «Золотым стандартом» для определения типа костного обмена является выполнение костной биопсии с использованием двойной тетрациклиновой метки с последующим гистоморфометрическим исследованием, оцененным с использованием стандартной номенклатуры, рекомендованной American Society for Bone and Mineral Research (ASBMR) [2, 3]. В настоящее время выполнение биопсии кости не относится к рутинным методам диагностики за счет инвазивности методики, требующей, кроме того, наличия специализированной лаборатории. По этой причине перспективным является использование лабораторных биомаркеров костного обмена (КО) позволяющих не только провести диагностику КО, но и оценить динамику исследуемых показателей.

Классическими биомаркерами КО, рекомендуемыми к определению у пациентов с ХБП экспертами KDIGO являются кальций, фосфор, витамин Д (25(ОН)Д), ПТГ и костно-специфическая щелочная фосфатаза [2, 3]. По данным литературы установлена предсказательная ценность уровня ПТГ 150–300 и менее 150 пг/мл в отношении прогнозирования развития высоко- или низкообменной формы ренальной остео дистрофии (РОД) [2]. При этом значительная часть пациентов с уровнем ПТГ 150–300 пг/мл попадают в группу с существенной неопределенностью в отношении типа КО (от адинамической болезни кости до фиброзного остеоита) [2, 4]. Кроме того, КО является очень медленным процессом, занимающим при высокой скорости обмена недели, а при низкой — месяцы, в то время как секреция ПТГ способна изменяться за минуты в ответ на динамику уровня ионизированного кальция [5].

В свете данной проблемы актуальным представляется использование других маркеров КО, способствующих улучшению прогностической ценности ПТГ или выступающих самостоятельно в качестве предикторов скорости костного обмена у пациентов с ХБП.

Материалы и методы

В исследовании, проведенном на базе ГБУЗ «Республиканская больница им. В. А. Баранова» в 2013 г., приняли участие 40 пациентов мужского и женского пола с ХБП II–IV стадии в возрасте от 22 до 68 лет (средний возраст $47,5 \pm 1,9$ лет) и 40 пациентов мужского и женского пола в возрасте от 21 до 76 лет (средний возраст $51,8 \pm 2,3$ лет), получающих лечение программным ГД в течение $7,7 \pm 0,9$ лет (от 0,5 до 22 лет) продолжительностью $12 \pm 0,24$ ч в неделю (средний уровень КТ/V $1,4 \pm 0,03$) на аппаратах фирмы Fresenius 4008. Расчет скорости клубочковой фильтрации осуществлялся по формуле СКД-ЕРІ. Распределение пациентов по стадиям ХБП осуществлялось в соответствии с национальными рекомендациями [2]. Основной причиной развития ХБП в 48,7 % случаев был хронический гломерулонефрит, в 22,5 % случаев — нефропатия неуточненного генеза, в 12,5 % — поликистоз почек и в 5 % — хронический пиелонефрит. Остальные нозологические формы ХБП составляли 11,3 % (хронический интерстициальный нефрит (уратная нефропатия), вторичный амилоидоз почек, аномалии развития мочевыводящих путей, ишемическая болезнь почек).

Квалифицированные специалисты лаборатории Республиканской больницы им. В. А. Баранова в соответствии с инструкцией производителя всем пациентам иммуноферментным методом определяли: сывороточный уровень остеопротегерина (OPG) (Human Osteoprotegerin Instant ELISA (eBioscience, North America)), активной изоформы 5b тартрат-резистентной кислой фосфатазы (TRAP) (Bone TRAP Assay (Immunodiagnostic Systems (IDS) Ltd.)), С-концевого телопептида, образующегося при деградации коллагена 1-го типа (CrossLaps) (Serum CrossLaps ELISA (Immunodiagnostic Systems (IDS) Ltd.)),

остеокальцина (ОС) (N-MID Osteocalcin ELISA (Immunodiagnostic Systems (IDS) Ltd.), С-концевого пропептида коллагена 1-го типа (СІСР) (СІСР EIA Kit (QUIDEL Corporation Specialy Products)) и 25-гидроксивитамина Д(25-(ОН)Д). С использованием набора IDS ОСТЕІА 25-Hydroxy Vitamin D (Immunodiagnostic Systems (IDS) Ltd.) и стандартных методик определены уровни ПТГ, мочевины и креатинина сыворотки.

Статистическая обработка данных включала описательную статистику, корреляционный анализ по Спирмену, а также пара- и непараметрические критерии проверки гипотез о статистической достоверности различия средних и других статистических параметров выборок. Результаты описательной статистики представлены в виде среднего значения и ошибки среднего ($M \pm m$) или медианы и интерквартильного размаха (Me (Q1; Q3)). Для проверки статистического соответствия эмпирических распределений показателей нормальному закону использовались критерии Колмогорова — Смирнова и Шапиро — Уилкса. Значимость всех рассчитываемых статистических параметров, а также статистическая достоверность гипотез о различии принимались на уровне значимости, равном 0,05. Все расчеты и процедуры статистического анализа данных проводились с помощью программы Statistica версии 10.0 и пакета программ для статистического анализа StatTools версии 1.0 производства компании «ИнтелТек Лаб».

Результаты и их обсуждение

Результаты определения средних уровней биохимических маркеров костно-минерального обмена представлены в табл. 1. Установлено, что у пациентов на ГД-маркеры костеобразования (МКО) (ОС: $p < 0,001$, СІСР: $p < 0,001$) и маркеры резорбции костной ткани (МКР) (TRAP: $p < 0,001$; CrossLaps: $p < 0,001$) оказались значительно выше по сравнению с пациентами находящимися на додиализной стадии ХБП. Также у пациентов на гемодиализе отмечено снижение уровня витамина Д (25(ОН) Д), хотя абсолютного дефицита последнего выявлено не было.

Таблица 1

Значения лабораторных показателей 25(ОН) Д, ПТГ, ОС, OPG, TRAP, СІСР и CrossLaps у пациентов с ХБП II–V стадии и пациентов, получающих лечение гемодиализом

Лабораторный показатель	Пациенты с ХБП	
	II–V стадии	V (Д) стадии
25(ОН)Д, нмоль/л	51,5 (40,4; 63,9)	34,6 (26,5; 55,2)
Остеокальцин, нг/мл	33,2 (22,5; 151,1)	273,6 (205,9; 329,4)
TRAP, ед/л	1,8 (0,4; 3,4)	5,5 (3,6; 7,7)
Остеопротегерин, пг/мл	110,0 (80,0; 130,0)	205,0 (165,0; 295,0)
СІСР, нг/мл	90,0 (60,6; 121,8)	136,8 (112,2; 172,8)
CrossLaps, нг/мл	0,6 (0,3; 1,2)	2,7 (1,7; 3,4)
ПТГ, пмоль/л	13,5 (4,8; 26,6)	66,7 (40,4; 91,8)

Примечание. Результаты представлены в виде медианы и интерквартильного размаха (Me (Q₁, Q₃)).

Также установлено, что повышение уровня ПТГ было отмечено начиная с IV стадии ХБП (табл. 2), что является важным диагностическим маркером МКН у пациентов с ХБП и СКФ менее 60 мл/мин/1,73 м². Дефицита витамина Д, определяемого как снижение уровня 25(ОН)Д, менее 30 нмоль/л [5] обнаружено не было, хотя наименьшие концентрации последнего (36,5 (33,3; 42,7) нмоль/л) выявлялись при достижении ХБП V стадии. Также установлено, что по мере возрастания стадии ХБП отмечался отчетливый рост МКО (ОС и СІСР) и МКР (CrossLaps), а также маркера регуляции остеокластогенеза — OPG. В отношении TRAP четко направленного изменения лабораторных уровней последнего выявлено не было (табл. 2). Полученные данные свидетельствуют

о том, что по мере прогрессирования ХБП происходит повышение активности маркеров костного ремоделирования, что находит подтверждение в литературных данных, свидетельствующих о преобладании повышенного метаболизма кости начиная с I–IV стадий ХБП [6].

Таблица 2

Значения лабораторных показателей ПТГ, 25(ОН)Д, ОС, OPG, TRAP, C1CP и CrossLaps в зависимости от стадии ХБП

Показатель	Хроническая болезнь почек I–IV				
	II ст. (n = 8)	IIIА ст. (n = 7)	IIIБ ст. (n = 5)	IV ст. (n = 11)	VI ст. (n = 9)
ПТГ, пмоль/л	5,9 (1,5; 10,4) (n=2)	–	4,8 (4,4; 16,6) (n = 3)	12,4 (5,6; 19,2) (n = 2)	26,7 (8,7; 92,5) (n = 7)
25(ОН)Д, нмоль/л	52,2 (48,0; 58,4)	47,8 (41,8; 62,9)	69,7 (66,5; 70,3)	59,5 (43,6; 78,7)	36,5 (33,3; 42,7)
ОС, нг/мл	22,5 (20,3; 40,2)	29,3 (21,9; 33,5)	32,1 (25,0; 32,6)	39,2 (18,9; 81,1)	300,2 (261,9; 369,9)
OPG, пг/мл	96,0 (67,2; 121,8)	100,0 (80,0; 120,0)	90,0 (90,0; 120,0)	100,0 (80,0; 130,0)	130,0 (130,0; 160,0)
TRAP, ед/л	1,9 (0,6; 2,8)	1,9 (0,9; 4,4)	2,3 (0,6; 3,7)	1,0 (0,4; 3,4)	0,5 (0,4; 4,2)
C1CP, нг/мл	90,0 (70,0; 130,0)	79,2 (60,0; 102,0)	108,0 (48,0; 140,4)	86,4 (55,2; 93,6)	140,4 (92,4; 169,2)
CrossLaps, нг/мл	0,3 (0,2; 0,4)	0,4 (0,2; 0,6)	0,6 (0,2; 0,7)	0,5 (0,2; 0,7)	2,0 (1,8; 3,3)

Примечание. Результаты представлены в виде медианы и интерквартильного размаха (Me (Q₁, Q₃)).

Также установлено, что по мере нарастания длительности лечения ГД происходит повышение активности МКР (TRAP: $p = 0,18$; CrossLaps: $p < 0,05$) и рост OPG ($p = 0,03$) (данные представлены в табл. 3). Максимальные уровни исследуемых МКР наблюдались при стаже лечения ГД более 15 лет, а МКО — на начальных этапах лечения ГД (≤ 2 лет), с последующей тенденцией к снижению по мере увеличения стажа лечения. Следует оговориться, неоднородность показателей ОС и C1CP при стаже лечения ГД 3 года и более 15 лет, вероятно, обусловлена наличием малой выборки пациентов. Также определено, что стаж лечения ГД более 5 лет ассоциирован с повышением активности МКР (TRAP, CrossLaps, OPG) и снижением активности МКО (ОС и C1CP) и является одним из факторов риска развития и, возможно, прогрессирования МКН по сравнению с пациентами, имеющими меньший стаж лечения ГД.

В ходе исследования выявлено, что по мере увеличения ПТГ от менее 150 до более 300 пг/мл был отмечен рост как МКР (TRAP: $p = 0,003$; CrossLaps: $p = 0,002$), так и МКО (C1CP: $p = 0,009$; ОС: $p = 0,009$), что сопоставимо с данными литературы о предсказательной ценности ПТГ более 300 пг/мл в отношении развития высокообменной РОД [2]. При уровне ПТГ менее 150 пг/мл определялась низкая активность как МКР (TRAP, CrossLaps), так и МКО (ОС, C1CP), что, вероятно, обусловлено уменьшением количества и активности остеокластов и остеобластов

на фоне развития низкообменной формы РОД. Пациенты, уровень ПТГ которых определялся в пределах 150–300 пг/мл, демонстрировали промежуточные значения маркеров КО, что также сопоставимо с данными литературы о наличии низкой предсказательной ценности данного диапазона значений ПТГ в отношении характера костной патологии (табл. 4) [2].

В ходе проведенного корреляционного анализа среди пациентов с додиализными стадиями ХБП корреляция была выявлена между ПТГ и CrossLaps ($r = 0,56$), а среди пациентов, получающих лечение ГД, — между ПТГ и CrossLaps ($r = 0,64$) и ПТГ и TRAP ($r = 0,52$). Корреляция между ПТГ и МКО определялась только в группе пациентов с додиализными стадиями ХБП (ПТГ — ОС: $r = 0,52$; ПТГ — C1CP: $r = 0,49$).

Таблица 3

Значения лабораторных показателей ПТГ, 25(ОН)D, ОС, OPG, TRAP, СІСР и CrossLaps в зависимости от стажа лечения гемодиализом у пациентов с ХБП VД стадии

Стаж ГД	≤ 2 лет	3 года	4–5 лет	6–10 лет	11–15 лет	16–20 лет
N	6	3	11	9	9	2
ПТГ, пмоль/л	79,2 (40,4; 120,0)	54,1 (51,5; 130,0)	55,2 (20,2; 76,2)	75,4 (66,7; 91,8)	60,9 (18,6; 79,0)	52,4 (36,6; 68,1)
25(ОН)D, нмоль/л	52,0 (27,3; 58,8)	52,9 (38,1; 56,7)	38,7 (28,2; 56,4)	44,0 (28,2; 63,1)	23,3 (19,4; 31,6)	31,7 (26,8; 36,5)
ОС, нг/мл	320,8 (305,8; 391,9)	388,9 (65,3; 478,1)	267,5 (202,7; 314,6)	233,5 (198,3; 273,8)	239,8 (195,8; 309,2)	373,5 (265,7; 481,3)
TRAP, ед/л	4,4 (4,1; 6,5)	6,8 (0,6; 8,5)	3,4 (1,6; 5,6)	6,2 (4,9; 7,6)	6,0 (4,2; 9,0)	8,5 (7,3; 9,7)
OPG, пг/мл	145,0 (120,0; 190,0)	190,0 (170,0; 260,0)	240,0 (180,0; 300,0)	180,0 (140,0; 180,0)	210,0 (200,0; 580,0)	495,0 (470,0; 520)
СІСР, нг/мл	244,20 (164,4; 308,4)	114,0 (75,6; 151,2)	115,2 (70,8; 135,6)	164,4 (126,0; 180,0)	138,0 (114,0; 163,2)	174,6 (153,6; 195,6)
CrossLaps, нг/мл	3,1 (2,7; 3,4)	1,6 (0,1; 1,7)	1,8 (1,1; 2,6)	3,3 (3,0; 3,4)	2,9 (1,7; 3,4)	3,0 (2,5; 3,4)

Примечание. Результаты представлены в виде медианы и интерквартильного размаха (Me (Q₁, Q₃)).

Таблица 4

Значения лабораторных показателей: ОС, OPG, TRAP, СІСР, CrossLaps в зависимости от уровня ПТГ среди пациентов ХБП V(Д) стадии

Показатель	ПТГ, пг/мл		
	менее 150 (N = 4)	150–300 (N = 4)	более 300 (N = 32)
ОС, нг/мл	108,7 (72,6; 160,6)	315,3 (285,8; 339,4)	278,5 (222,1; 334,4)
TRAP, ед/л	2,1 (0,8; 3,2)	3,1 (2,2; 4,7)	6,0 (4,4; 8,3)
OPG, пг/мл	225 (205,0; 345,0)	215,0 (165,0; 300,0)	200,0 (155,0; 295,0)
СІСР, нг/мл	90,6 (60,6; 112,2)	118,8 (88,2; 132,6)	152,4 (121,8; 180,6)
Cross Laps, нг/мл	0,8 (0,5; 1,0)	1,9 (1,4; 2,4)	3,1 (2,3; 3,4)

Примечание. Результаты представлены в виде медианы и интерквартильного размаха (Me (Q₁, Q₃)).

Кроме того, выявлена корреляция между МКО и МКР: у пациентов ХБП II–V стадии — между ОС и CrossLaps ($r = 0,88$), CrossLaps и СІСР ($r = 0,60$), TRAP и СІСР ($r = 0,32$), а среди пациентов, получающих лечение ГД — между CrossLaps и СІСР ($r = 0,57$), TRAP и СІСР ($r = 0,55$), TRAP и ОС ($r = 0,44$). Также прямая корреляция наблюдалась между МКО ОС-СІСР (для пациентов ХБП II–V стадии $r = 0,57$; для пациентов на ГД $r = 0,47$) и МКР (TRAP5b-CrossLaps $r = 0,58$), причем только среди пациентов, получающих лечение ГД.

Заключение

В свете описываемой проблемы выявлена необходимость в использовании дополнительных маркеров для обнаружения патологии костно-минерального обмена у пациентов с ХБП. С учетом стоимости лабораторных методик для оценки КО у пациентов на ГД предлагается использовать: фосфор, кальций, ПТГ, TRAP5b и СІСР, а у пациентов с додиализными стадиями ХБП — фосфор, кальций, 25(ОН)D, ПТГ, TRAP5b и СІСР, что позволит получить дополнительную информацию в отношении процессов костного ремоделирования. Определением уровня витамина D у пациентов на ГД можно пренебречь, так как проводимая медикаментозная коррекция МКН при ХБП, включает в себя назначение стеролов витамина D и препятствует развитию абсолютного дефицита последнего. Выбор TRAP5b обусловлен тем, что последний является маркером качественной и количественной характеристики только остеокластов, отражающим интенсивность костной резорбции, кроме того, он не зависит от функционального состояния почек, в отличие от других МКР [7]. Клиническая полезность определения ОС в качестве маркера формирования костной ткани у пациентов с ХБП мала, поскольку последний не является абсолютным МКО и поступает в кровь также во время костной резорбции, что, вероятно, и определяет наличие положительной корреляции между МКР и ОС. Кроме того, определение этого маркера зависит от функционального состояния почек, возраста и времени забора образца крови [7]. Выбор СІСР обусловлен наличием доказанной корреляции между темпами костеобразования по данным костной биопсии и концентрацией СІСР в сыворотке крови [8]. По результатам исследования, с учетом отсутствия значимой корреляции между OPG и маркерами костного обмена, определением последнего можно пренебречь.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ecdar T.* Early diagnosis saves lives: focus on patients with chronic kidney disease // *Kidney Int. Suppl.* 2013. Vol. 3. P. 335–336.
2. Национальные рекомендации по минеральным костным нарушениям при хронической болезни почек РДО / *В. М. Ермоленко [и др.]* // *Нефрология и диализ.* 2011. Т. 13, № 1. С. 33–51.
3. *Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD-MBD Work Group.* KDIGO clinical practice guideline for the diagnosis, evaluation, prevention, and treatment of chronic kidney disease — mineral and bone disorder (CKD-MBD) // *Kidney Int.* 2009. Vol. 76 (Suppl. 113). P. 1–130.
4. *J. Bover M. Cozzolino.* Mineral and bone disorders in chronic kidney disease and end-stage renal disease patients: new insights into vitamin D receptor activation // *Kidney Int. Suppl.* 2011. Vol. 1. P. 122–129.
5. *Годсмит Д., Кович А., Фуке Д.* Комментарии European Renal Best Practice к Рекомендациям KDIGO по минеральным костным нарушениям при хронической болезни почек (краткое изложение) // *Нефрология и диализ.* 2011. Т. 13, № 1. С. 14–19.
6. *Рожинская Л. Я., Егшатын Л. В.* Патология костной системы при вторичном гиперпаратиреозе // *Остеопороз и остеопатии.* 2010. № 2. С. 18–22.
7. *Сергеева Н. С., Тепляков В. В., Державин В. А.* Биохимические маркеры ремоделирования костной ткани в онкологии // *Онкология: журн. им. П. А. Герцена.* 2012. Т. 2. С. 103–108.
8. *Побел Е. А., Бенгус Л. М., Дедух Н. В.* Маркеры костного метаболизма при сращении переломов длинных костей // *Остеопороз и остеопатии.* 2012. № 2. С. 25–32.

Сведения об авторах

Мелентьева Анастасия Александровна — врач-нефролог отделения гемодиализа Республиканской больницы им. В. А. Баранова, г. Петрозаводск
E-mail: aamelenteva@rambler.ru

Барышева Ольга Юрьевна — доктор медицинских наук, профессор кафедры госпитальной терапии Петрозаводского государственного университета, г. Петрозаводск
E-mail: lvar@karelia.ru

Тихова Галина Петровна — «ИнтелТек Лаб», г. Петрозаводск
E-mail: gala@critical.ru

Author Affiliation

Anastasia A. Melenteva — Nephrologist at Hemodialysis Department of V. A. Baranov Republican Hospital

E-mail: aamelenteva@rambler.ru

Olga Yu. Barysheva — Doctor of Sciences (Medical), Professor at Department of Hospital Therapy of Petrozavodsk State University

E-mail: lvar@karelia.ru

Galina P. Tihova — IntelTek Lab

E-mail: gala@critical.ru

Библиографическое описание статьи

Мелентьева, А. А. Определение маркеров костного метаболизма у пациентов с хронической болезнью почек / *А. А. Мелентьева, О. Ю. Барышева, Г. П. Тихова* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 4 (9). — С. 91–97.

Reference

Melenteva Anastasia A., Barysheva Olga Yu., Tihova Galina P. Definition of Bone Turnover Markers in Patients with Chronic Kidney Disease. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 91–97. (In Russ.).

УДК 539.16(092)

*Памяти выдающейся женщины мира
Марии Склодовской-Кюри*

ЖИЗНЬ И ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МАРИИ КЮРИ И ЕЕ ВКЛАД В РАЗВИТИЕ ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЫ

Н. А. Мельник

ФГБОУ ВО Апатитский филиал Мурманского государственного технического университета

Аннотация

Статья посвящена 150-летию со дня рождения выдающегося ученого мира Марии Склодовской-Кюри — дважды лауреата Нобелевской премии, ее жизни и научной деятельности. Мария Склодовская-Кюри — ученый-экспериментатор (физик, химик), педагог, общественный деятель, занималась исследованием радиоактивности. Совместно с мужем Пьером Кюри открыла элементы радий и полоний. Удостоена Нобелевской премии по физике (1903) и по химии (1911), она первый (и на сегодняшний день единственная женщина в мире) дважды лауреат Нобелевской премии. Основала Институты Кюри в Париже и Варшаве, Онкологический центр в Варшаве.

Ключевые слова:

открытие радиоактивности, открытие новых химических элементов — радия и полония, премии по физике и химии, награды.

LIFE AND WORK OF MARIE CURIE AND HER CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF NUCLEAR MEDICINE

Natalia A. Melnik

Apatity Branch of Murmansk State Technical University

Abstract

The article is devoted to 150th anniversary from the birthday of an outstanding scientist of the world — Maria Sklodowska-Curie (07.11.1867 — 04.07.1934), twice Nobel prize winner as well as to her life and scientific activity. Maria Sklodowska-Curie was a scientist the experimenter (physicist, chemist), teacher and social activist. She was engaged in the study of radioactivity. Together with her husband Pierre Curie discovered the elements radium and polonium. She was awarded the Nobel prize in physics (1903) and in chemistry (1911), the first and the only double Nobel laureate in history. She founded the Curie Institutes in Paris and Warsaw and Cancer Center in Warsaw.

Keywords:

discovery of radioactivity, discovery of new chemical elements radium and polonium, prizes in physics and chemistry, awards.



Эта удивительная, замечательная женщина покорила мир не только своими достижениями в науке, но и необыкновенной храбростью, скромностью, мужеством, благородством. Она достойна восхищения и памяти потомков как выдающийся ученый и патриот, благодарная дочь, любящая жена и заботливая мать, потому что все в ней органично. Как же складывалась ее необыкновенная, исключительная жизнь?

Мария Склодовская родилась 7 ноября 1867 г. в Варшаве (в то время — Царство Польское, Российская империя) в семье учителей Владислава (по иным данным — Иосифа) и Брониславы (урожденной Бугуской) Склодовских, у которых уже было четверо детей — три

дочери и сын. Мать работала учительницей и содержала женский пансион, в котором учились девочки из лучших городских семейств. Это позволяло семье снимать хорошую квартиру и воспитывать детей. Сестрами и братом Марии были Зофия (1860), Юзеф (1863), Бронислава (1864) и Хелена (1866), всю жизнь они поддерживали друг друга и сохранили теплые отношения. Самая младшая — Маня, так ласково звали любимицу в семье, была подвижным, живым ребенком. Она рано проявила свои способности: в 4 года самостоятельно научилась бегло читать. После рождения Мани семья переезжает на другую казенную квартиру, где мать уже не могла работать и содержать пансион. Семья жила дружно, отец преподавал в мужской гимназии физику и математику, много внимания уделял воспитанию детей. Вскоре мать тяжело заболела туберкулезом. Отец выбивался из сил, так как на его попечении была больная жена и пятеро детей. Он вынужден был сменить квартиру и открыть пансионат для 10 мальчиков, чтобы иметь дополнительный доход.

Детские годы Мани были омрачены ранними потерями: в январе 1876 г. в возрасте 16 лет после заражения тифом умерла Зося — любимая старшая сестра-наставница. Вскоре, несмотря на лечение за границей в течение года, умирает и мать. В это время Мане было всего 10 лет. Старшая сестра Броня берет на себя обязанности по ведению домашнего хозяйства и заботы о младших.



Мария Склодовская (17 лет)

Маня блестяще училась в начальной школе и потом в гимназии, так как только там можно было получить диплом об образовании, дающий возможность получить высшее образование. Уже в юном возрасте она ощутила притягательную силу науки, рассматривая и изучая физические приборы отца. Она отличалась необычайным прилежанием и трудолюбием, стремилась выполнить работу самым тщательным образом, не допуская неточностей, часто ради этого жертвуя сном и регулярностью питания. 12 июня 1883 г. Маня окончила гимназию с золотой медалью, это была третья медаль в семье. Она занималась настолько интенсивно, что была вынуждена сделать перерыв для поправки здоровья. По настоянию отца она в течение года живет у родственников в деревне, путешествует по Карпатам, плавает, учится верховой езде и грести на лодке, зимой катается на коньках, наслаждается красотой природы Польши.

После возвращения в Варшаву она находит положение семьи далеко не блестящим, поэтому вместе с братом вынуждена давать частные платные уроки. Как и все молодые люди, она жила одной мечтой — свободой для Польши и в служении Родине видела свой долг. Мария активно участвует в деятельности «Вольного университета» и стремится просвещать народ — дает уроки работницам швейной мастерской, читает им книги и собирает для них библиотеку на польском языке.

Ее настоящее призвание выявляется благодаря двум самым близким и родным людям — отцу и старшей сестре, проникнутым добром и пониманием. Глава семейства много читает, ему представляется естественным быть в курсе успехов химии и физики, знать кроме польского и русского, латинский, греческий языки, говорить по-французски, по-немецки и по-английски. Отца окружали умнейшие люди. Он был знаком с Д. И. Менделеевым, который однажды, увидев Марию за занятиями, предрек ей большие успехи в будущем. Отец стремился воспитывать своих детей разносторонне, учил их размышлять и делать выводы, благодаря чему дети развивались в интеллектуальной атмосфере, редкой по содержательности. Мария, как и отец, владеет пятью иностранными языками, все отмечали ее прекрасное

произношение. Отец привил ей свою научную пылкость. Под влиянием отца и сестры у нее зарождались мысли о своем будущем.



Владислав Склодовский
с Марией, Броней и Элей
(слева направо)

Однако на пути к осуществлению мечты о высшем образовании стояли два препятствия: бедность семьи и запрет на прием женщин в Варшавский университет. Она уговаривает Брониславу поехать в Париж и поступить на медицинский факультет. В это время Мария собиралась работать, чтобы оплачивать ее обучение. Мария уезжает из дома, работает гувернанткой в семьях зажиточных буржуа, чтобы скопить деньги на обучение сестры. Она усиленно занимается самообразованием, обучает деревенских ребят грамоте. Зброшенная в деревенскую усадьбу, семнадцатилетняя Мария осталась без руководства и советов.

Спустя сорок лет она написала в дневнике: «Литература меня интересовала в такой же степени, как социология и точные науки. Но за эти несколько лет работы, когда пыталась я определить свои действительные склонности, в конце концов, я избрала математику и физику... Я привыкла самостоятельно работать и накопила некоторое количество познаний, которые впоследствии мне пригодились...» [1].

Три года однообразного существования, тяжелого труда, безденежья, редких радостей и частых огорчений. Вот что писала Мария своим родным в эти годы [1, 2]: «При всех моих обязанностях у меня бывают дни, когда я занята все время с восьми утра до половины двенадцатого, а затем с двух до половины восьмого. В перерыве — прогулка и завтрак. После чая читаем или я занимаюсь рукоделием, впрочем, я с ним не расстаюсь даже на уроках. С девяти вечера я погружаюсь в свои книги и работаю... Я приучила себя вставать в шесть утра, чтобы работать для себя больше» (двоюродной сестре Генриэтте, декабрь 1886 г.).

«Прежде всего и больше всего, пусть милый папа бросит огорчаться тем, что не может помогать нам. Недопустимо, чтобы наш отец жертвовал для нас чем-нибудь сверх того, что он уже дал нам. Мы получили хорошее образование, солидную культуру, неплохой характер. Таким образом, пусть папа не унывает: мы не пропадем. С моей стороны, я буду навек признательна своему горячо любимому отцу за то, что он сделал для меня, а сделал он неизмеримо много» (отцу, 1886 г.).

«Пусть хоть вы двое направите свою жизнь согласно вашим дарованиям. Пусть дарования, несомненно присущие нашей семье, не пропадут зря, а проложат себе путь через кого-нибудь из нас» (9 марта 1887 г. — Юзефу, выпускнику-медику Варшавского университета).

В 1988 г. отец получил доходное место — должность директора исправительного приюта для малолетних преступников; неблагодарное место, но со сравнительно высоким жалованием, благодаря которому он смог ежемесячно посылать Броне деньги, необходимые для продолжения ее учения, а Маня смогла вернуться домой.

Через три года Мария вернулась в Варшаву, где продолжала работать гувернанткой, чтобы откладывать деньги уже на свое обучение в Париже. Кроме того, она самостоятельно занимается и посещает лабораторию, которая представляла собой маленький флигель с крошечными окнами в глубине двора. Это учреждение, которым управлял ее родственник Иосиф Бугуский, называлось Музеем промышленности и сельского хозяйства. Претензионное наименование служило вывеской, предназначенной для властей, и не вызывало подозрений. А юные поляки имели возможность получать там знания. Впоследствии Мария писала: «У меня было мало времени для работы в лаборатории. Я могла ходить туда главным образом по вечерам — после

обеда или по воскресеньям — и оказывалась предоставленной самой себе. Я старалась воспроизводить опыты, указанные в руководствах по физике и химии, но результаты получались иногда неожиданные. ... А, в общем, постигнув на горьком опыте, что успех в этих областях науки дается не быстро и не легко, я развила в себе за время этих первых опытов любовь к экспериментальным исследованиям».

Прошло восемь лет после окончания гимназии, из них шесть она была гувернанткой. Когда в 1891 г. Бронислава стала врачом и смогла оплачивать ее обучение, только тогда, в возрасте 24 лет, Мария смогла поехать в Париж, где поступила на факультет естественных наук Парижского университета (Сорбонны) и изучала химию и физику, с этого времени она стала называть себя Мари Склодовска.

Живя в холодной мансарде Латинского квартала, она училась и работала чрезвычайно интенсивно, не имея ни времени, ни средств для организации нормального питания. Мария стала одной из лучших студенток университета, получила два диплома лицензиата с отличием — по физике (1893) и через год — по математике. Ее трудолюбие и способности привлекли к ней внимание, и ей была предоставлена возможность вести самостоятельные исследования.



Свадебное путешествие
на велосипедах (1895)

Весной 1894 г. в доме польского физика-эмигранта Мария Склодовская встретила Пьера Кюри. Пьер был руководителем лаборатории при Муниципальной школе промышленной физики и химии, ему было 35 лет. К тому времени он провел важные исследования по физике кристаллов и зависимости магнитных свойств веществ от температуры; с его именем, например, связан термин «точка Кюри», обозначающий температуру, при которой ферромагнитный материал скачкообразно теряет свойство ферромагнетизма [3]. Мария занималась исследованием магнитных свойств различных сортов стали для Общества поощрения национальной промышленности, но у нее в лаборатории не было необходимого оборудования, чтобы закончить исследования.

Ее польский друг надеялся, что Пьер сможет предоставить Марии возможность поработать в своей лаборатории. Поэт, а вместе с ним и физик был покорен Марией Склодовской, и он настойчиво ищет с ней сближения. Проходит несколько месяцев, он постоянно пишет ей письма на польском языке, который изучает ради нее. По мере роста их взаимного уважения и симпатии крепнет дружба, доверие друг к другу, интимность, обнаруживается много сходства и совпадений, родство душ. Он делает ей предложение, но пройдет еще десять месяцев, прежде чем Мария примет его, свыкнется с мыслью о замужестве. Он подчиняется ей и прислушивается к ее советам. Его чарует в ней полная преданность научной работе, предчувствие одаренности, а также ее мужество и благородство. Под ее влиянием он снова берется за свои работы по магнетизму.

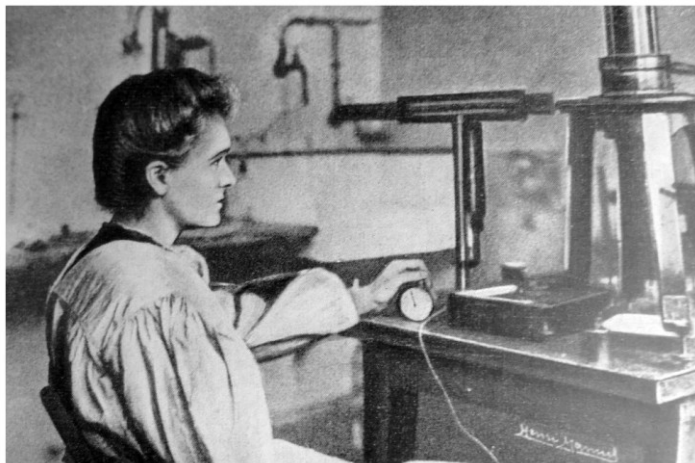


Супруги Кюри с дочерью Иреной

26 июля 1895 года Пьер и Мария вступили в брак. Это произошло вскоре после того, как Пьер защитил докторскую диссертацию. Они купили велосипеды и отправились в свадебное путешествие. Любовь друг к другу и науке они пронесут через всю жизнь. В сентябре 1897 г. у них родилась дочь Ирен. Мария заботится о муже и дочери, ее здоровье и физическом развитии, в три года ей покупают велосипед, и она начинает путешествовать с родителями.

О своем муже Мария пишет: «Муж у меня — лучшего даже нельзя себе вообразить, это настоящий божий дар, и чем дольше живем мы вместе, тем сильнее любим друг друга» [2]. В ее дневниках можно увидеть записи о развитии Ирен, а также кулинарные рецепты, со свойственной ей настойчивостью, она учится хорошо готовить. Одновременно Мария готовится к конкурсу на звание преподавателя средней школы и занимает первое место, трудится в лаборатории — пишет работу о магнитах, которая появится в «Известиях Общества поощрения национальной промышленности», продолжает заниматься наукой, выбирает тему для докторской диссертации. Дело идет о выборе плодотворной, оригинальной темы. В поисках темы Мария просматривает новейшие работы по физике и останавливается на опубликованных научно-экспериментальных работах А. Беккереля, которые очень заинтересовали ее.

В 1896 г. Анри Беккерель обнаружил, что урановые соединения испускают глубоко проникающее излучение. Мария решила заняться изучением этого излучения и установила, что интенсивность таинственного излучения пропорциональна количеству урана в исследуемых образцах, что излучение можно точно измерить, на него не влияет ни состояние химических соединений урана, ни внешние воздействия, такие как освещенность или температура [4]. Она старается, прежде всего, измерить ионизирующую силу лучей урана — их способность превращать воздух в проводник электричества и разряжать электроскоп. Она измеряла электропроводность вблизи образцов других веществ и пришла к выводу о том, что из известных химических элементов излучают самопроизвольно лучи только уран, торий и их соединения. Мария Кюри предложила назвать это свойство радиоактивностью, а уран и торий — радиоэлементами [5]. Не ограничиваясь рассмотрением чистых элементов, их солей и окислов, она исследует все минералы, имеющиеся в Институте физики с помощью прибора, сконструированного Пьером: радиоактивными оказались только образцы, содержащие уран или торий, — обнаруживает, что радиоактивность в образцах гораздо интенсивнее, чем можно было ожидать, судя по количеству урана или тория в данных образцах.



Мари Склодовская в лаборатории Института физики



Исследование образцов

Мария Кюри высказала предположение о том, что в урановой смоляной обманке содержится еще не открытый и сильно радиоактивный элемент. Весной 1898 г. она сообщила Французской академии наук о своей гипотезе и результатах экспериментов.

Пьер Кюри с горячим участием следил за успешными опытами своей жены. Не вмешиваясь в самую работу, он часто помогает Мари советами и замечаниями. Учитывая поразительный

характер достигнутого, он решает оставить свою работу над кристаллами и принять участие в работе Марии.

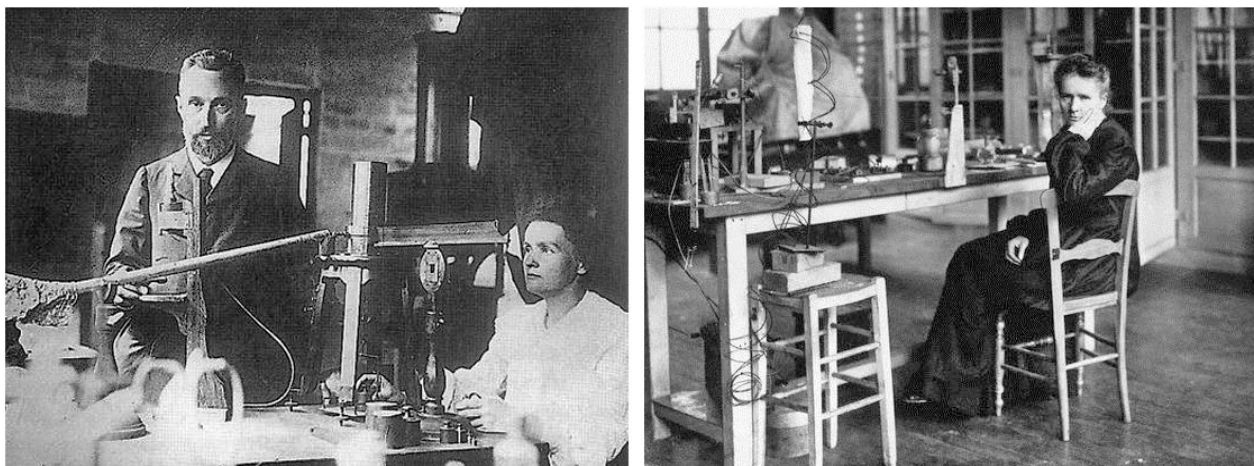
Не имея хорошего оборудования и помещения, супруги Кюри проводят уникальные исследования с отходами, полученными при извлечении урана (используемого в виде солей для окрашивания стекла и фарфора) на заводе в Австрии и безвозмездно переданные им благодаря Венской академии наук. Супруги пытались выделить из них новые радиоактивные элементы. Позже Мари запишет: «У нас не было ни денег, ни лаборатории, ни помощи, чтобы хорошо выполнить эту важную и трудную задачу. Требовалось создать нечто из ничего... Я могу сказать без преувеличения, что этот период был для меня и моего мужа героической эпохой в нашей совместной жизни. ... Но как раз в этом дрянном сарае протекли лучшие и счастливейшие годы нашей жизни, всецело посвященные работе. ... Нередко я готовила какую-нибудь пищу тут же, чтобы не прерывать ход особо важной операции. Иногда весь день я перемешивала кипящую массу железным шкворнем длиной почти в мой рост. Вечером я валилась от усталости» [2]. В таких условиях чета Кюри работала с 1898 по 1902 гг., не имея лаборатории и занимаясь исследованиями в помещении институтской кладовки, а позже в заброшенном деревянном сарае, который супруги подыскали в одном из парижских дворов на улице Ломон. «Это был барак из досок, с асфальтовым полом и стеклянной крышей, плохо защищавшей от дождя, без всяких приспособлений, — вспоминала впоследствии М. Кюри. — В нем были только старые деревянные столы, чугунная печь, не дававшая достаточно тепла, и классная доска. Там не было вытяжных шкафов для опытов с вредными газами, поэтому приходилось делать эти операции на дворе, когда позволяла погода, или же в помещении при открытых окнах». В дневнике М. Кюри есть запись о том, что порой работы проводились при температуре всего 6 °С выше нуля.

С 1898 по 1902 гг. супруги Кюри переработали 8 т уранинита. Работа велась в невероятно тяжелых условиях. Ими было установлено, что сильной радиоактивностью обладают две из компонент, содержащих элементы висмут и барий. Они заключили, что эти порции вещества содержат один или несколько ранее неизвестных элементов. Методом их работы было измерение степени ионизации воздуха, интенсивность которой определялась по силе тока между пластинами, на одну из которой подавалось напряжение 600 В. Оказалось, что образцы руды, доставленные из месторождения Йоахимсталль в Чехии, демонстрируют вчетверо более сильную ионизацию, чем другие. Супруги Кюри не прошли мимо этого факта и попытались установить, дает ли то же по составу соединение урана, полученное искусственно, такой же эффект повышенной ионизации воздуха, но результат оказался отрицательным. Этот эксперимент 1898 г. дал основание предположить, что исследователи имеют дело с присутствием еще одного радиоактивного вещества помимо урана. Производя изучение выделенных различными химическими методами фракций урановой руды, Кюри выявили такую фракцию, которая имела в миллион раз более сильную радиоактивность, чем чистый уран [3].

Кюри обнаружили, что выделенная ими фракция светится. Спектральный анализ показал, что в спектре присутствуют линии излучения неизвестного до тех пор элемента. Им удалось выделить одну сотую грамма нового вещества. В июле и декабре 1898 г. Мари и Пьер Кюри объявили об открытии двух новых элементов, которые были названы ими полонием (в честь Польши — родины Марии) и радием («лучистый»). Пьер и Мария Кюри продолжают исследования радиоактивности. Они устанавливают, что лучи, испускаемые радием, принадлежат к трем различным категориям, и открывают альфа-, бета-, и гамма-лучи.

Поскольку супруги Кюри не выделили ни один из этих элементов, они не могли предоставить химикам решающего доказательства их существования, они приступили к весьма

нелегкой задаче — экстрагированию двух новых элементов из урановых минералов — хальколита и урановой обманки (смоляная руда Богемии).



В лаборатории супруги Кюри за электрометром

Мария за рабочим столом (1905)

Жалованья Пьера не хватало, чтобы содержать семью, кроме того необходимы были средства на продолжение исследований, которые проходили в тяжелых условиях. Мария в 1900 г. начала преподавать физику в Севре — учебном заведении, готовившем учителей средней школы.

В сентябре 1902 г. Кюри объявили о том, что им удалось выделить одну десятую грамма хлорида радия из нескольких тонн урановой смоляной обманки. Выделить полоний им не удалось, так как тот оказался продуктом распада радия. М. Кюри определила атомный вес радия равным 225 и предложила поместить его в Периодической системе элементов в качестве высшего аналога щелочноземельных металлов. Исследуются свойства радия, установлена возможность использования его для лечения рака. Радий делается предметом исследования крупнейших ученых мира. Мария Кюри публикует ряд научных трудов о радиоактивности, разработала технологию выделения радия из уранинита и создала способ его производства. Несмотря на тяжелое финансовое положение семьи, супруги Кюри отказались патентовать эту методику и технологию, чтобы закрепить свои права на промышленную добычу радия во все мире. Их обоюдное мнение: «радий должен служить всем». Они поступают бескорыстно и предоставили безвозмездно свое открытие на пользу человечества [2, 4].

Мария написала свою докторскую диссертацию «Исследования радиоактивных веществ» («Researcher on Radiactive Substances»), а в июне 1903 г. представила и блестяще защитила ее в Сорбонне.

В декабре 1903 г. Шведская королевская академия наук присудила Нобелевскую премию по физике А. Беккерелю и супругам Кюри «за выдающиеся заслуги в совместных исследованиях явлений радиации». Мария и Пьер Кюри получили половину награды «в знак признания их совместных исследований явлений радиации, открытых профессором Анри Беккерелем». Руки супругов Кюри покрылись ранами от постоянного контакта с радиоактивными образцами, что послужило возникновению идеи об использовании радия в медицинской практике. Это обстоятельство было подчеркнуто Пьером Кюри в его Нобелевской речи [6, 7].

Кюри ввела термины «распад» и «трансмутация». В октябре 1904 г. Пьер был назначен профессором физики в Сорбонне, а месяц спустя Мария стала официально именоваться заведующей его лабораторией. До 1904 г. работы по исследованию радия Мария проводила, не

имея никакого звания и не получая никакого жалования. Только в ноябре 1904 г. Французский университет принял решение: «Мадам Кюри, доктор наук, назначается с первого ноября 1904 года руководителем физических работ (при кафедре П. Кюри) на факультете естествознания Парижского университета. В этом звании мадам Кюри будет получать ежегодное содержание в размере двух тысяч четырехсот франков, начиная с первого ноября сего 1904 года» [2]. За это время супруги Кюри публикуют 32 научных сообщения, каждое из них знаменует собой победу, все они — результат любознательности, настойчивости и даровитости.



Рис. 9. Диплом и медаль лауреатов Нобелевской премии, которые были вручены Пьеру и Марии Кюри (1903)



Мария с дочерьми Евой и Ирен

В декабре 2004 г. у них родилась вторая дочь — Ева. Мария наблюдает за развитием девочки, она совсем не похожа на Ирен, и ее все время приходится носить на руках. Мария и для нее заводит тетрадку, в которую записывает, как растет девочка, когда появляются у нее зубки, приглашает гувернантку и вновь с энтузиазмом продолжает научную работу. Однако она озабочена воспитанием и обучением детей.

Став взрослой, Ева напишет: «Только в одном отношении Мари одержала полную победу: ее дочери обязаны ей хорошим здоровьем, физическим развитием, любовью к спорту. Вот все лучшее, чего достигла в нашем

воспитании эта высокоинтеллигентная и великодушная женщина» [2].

19 апреля 1906 г. в результате трагической случайности погиб Пьер, Мария тяжело переживала потерю горячо любимого мужа, она получает сотни писем за подписью известных и неизвестных лиц с поддержкой. Как бы ни было тяжело, мадам Кюри всегда следовала основному своему правилу: «не давать сломить себя ни людям, ни обстоятельствам». Марию спасли работа и сильный характер. 13 мая 1906 г. совет естественного факультета решает сохранить кафедру Пьера Кюри и передать ее Марии, присвоив ей звание профессора. Впервые во французской школе должность профессора отдается женщине. Безутешная вдова с головой

окунается в науку, продолжает кропотливо работать, следуя заветам любимого мужа и соратника.

В 1910 г. ей удалось в сотрудничестве с Андре Дебьерном выделить чистый металлический радий, а не его соединения, как прежде. Таким образом, был завершен 12-летний цикл исследований, в результате которого было неоспоримо доказано, что радий является самостоятельным химическим элементом. В этом же году кандидатура Марии Кюри была выдвинута на выборах во Французскую академию наук, куда до этого ни одна женщина не была избрана. Выдвижение сразу же привело к жестокой полемике между сторонниками и противниками ее членства в этой консервативной организации. В результате нескольких месяцев полемики кандидатура Марии Кюри была отвергнута на выборах с перевесом всего в один голос.

Через несколько месяцев Шведская королевская академия наук присудила Марии Кюри Нобелевскую премию по химии «за выдающиеся заслуги в развитии химии: открытие элементов радия и полония, выделение радия и изучение природы и соединений этого замечательного элемента» (1911). Мария Кюри стала первым (и на сегодняшний день единственной в мире женщиной) дважды лауреатом Нобелевской премии.



Мария Кюри на передвижной рентгеновской установке



Ирен и Мария Кюри

Незадолго до начала Первой мировой войны (август 1914 г.) Парижский университет и Пастеровский институт учредили Радиевый институт для исследований радиоактивности. Склодовская-Кюри была назначена директором отделения фундаментальных исследований и медицинского применения радиоактивности. Сразу после начала активных боевых действий на фронтах Первой мировой Мария Склодовская-Кюри, вновь названный директор Службы радиологии Красного Креста, занялась оборудованием и обслуживанием рентгеновских переносных аппаратов для просвечивания раненых, привлекая поддержку правительства, пожертвования производителей и обеспеченных знакомых, обучая и направляя работу многочисленных волонтеров. Мария Кюри также вложила в военные займы почти все личные средства от обеих Нобелевских премий.

Передвижные рентгеновские пункты, приводившиеся в действие присоединенной к автомобильному мотору динамо-машиной, объезжали госпитали, помогая хирургам проводить операции — на фронте эти пункты прозвали «маленькими Кюри». Мария обучала военных медиков применению радиологии, например, обнаруживать в теле раненого шрапнельные пули с помощью рентгеновских лучей. В прифронтовой зоне она помогала создавать радиологические установки, снабжать пункты первой помощи переносными рентгеновскими аппаратами.

Ее дочь Ирен, закончившая учебу в Сорбонне, помогает выполнять эти работы: они вместе ездили на фронт с разъяснительными беседами и сами работали рентгенологами. Мария Кюри создает 220 передвижных и постоянных рентгеновских установок и 20 автомобилей, оборудованных рентгеновскими аппаратами, лично принимает участие в обследовании раненых, в работе французских и бельгийских госпиталей (побывала в 300–400 госпиталей за время военных действий). Подготовила 150 сестер-лаборантов по радиологии. Обучала их

применению эманации радия в медицинских целях. Накопленный опыт она обобщила в 1920 г. в монографии «Радиология и война» («La Radiologie et la guerre»). В ней она превозносит благо научных открытий, их общечеловеческую ценность.

После войны Кюри возвратилась в Радиевый институт. Ирэн работает в лаборатории матери ассистентом-исследователем, а с 1921 г. самостоятельно, защищает докторскую диссертацию (1925). В 1926 г. она выходит замуж за ученого и ученика Марии Фредерика Жолио. И здесь тоже повторяется судьба ее родителей: супруги совместно ведут исследования, получают Нобелевскую премию.



Поездка в США с Ирэн и Евой (1921)

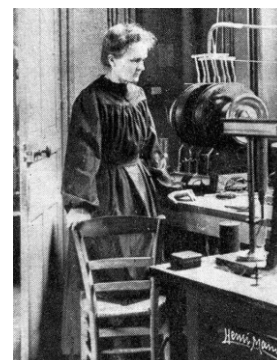
В последние годы своей жизни Мария руководила работами студентов и активно способствовала применению радиологии в медицине и технике. Она написала биографию Пьера Кюри, которая была опубликована в 1923 г., подготовила и издала его труды. Периодически совершала поездки в Польшу, которая в 1918 г. обрела независимость, там Мария консультировала польских исследователей по радиологии. В 1921 г. вместе с дочерьми посетила Соединенные Штаты Америки, чтобы принять в дар 1 г радия для продолжения опытов. Во время своего второго визита в США (1929) она получила пожертвование,

на которое приобрела еще 1 г радия для терапевтического использования в одном из варшавских госпиталей.

В последние годы своей жизни Мария Кюри продолжала преподавать в Радиевом институте, читала единственный в мире курс лекций по радиоактивности, руководила работами студентов и активно способствовала применению радиологии в медицине, работала над книгой о радиоактивности, которая будет издана уже после ее смерти в 1934 г. Когда читаешь ее, удивляешься простоте изложения сложного материала: текст написан просто, ясно, четко и понятно для читателя (я счастливая обладательница этой редкой книги). В 1919–1934 гг. Мария Кюри продолжает свои исследования в новом, построенном под ее руководством здании Института радия в Париже, работает с актинидами, занимается созданием Института радия в Варшаве, в феврале 1922 г. ее избирают во Французскую медицинскую академию.



Институт радия в Париже



Мария в новой лаборатории Института радия



Клен, посаженный Марией Кюри в парке Института радия в Варшаве

Мария занимается общественной деятельностью и совершает триумфальные деловые поездки за границу, в которых ее сопровождают Ирен и Ева (Америка, Испания, Польша, Германия, Россия), везде ее встречают с восторгом. Марию Кюри избирают членом Международной комиссии по научному сотрудничеству в Совете Лиги Наций (15 мая 1922 г.) [7].

Учение о радиоактивности повлияло не только на развитие естественных наук, а на все отрасли знаний и положило начало новому развитию науки и техники. Выдающийся русский ученый В. И. Вернадский в период с 1922 по 1926 гг. работал в Праге и Париже, проводил исследования с минералами в лаборатории Кюри, слушал доклады Марии Кюри и был поражен ее открытием. Впоследствии он обобщает достигнутый уровень понимания значения радиоактивности — стоящего особняком явления, связывающего физические науки об атомах и науки о Земле, в частности, изучение твердого вещества планеты. В марте 1939 г. он пишет: «Мне кажется, сейчас всем ясно, что всякий крупный успех в области учения о радиоактивности отражается на всем нашем миропонимании. Он должен интересовать всех. Мне кажется, очень ярко это выразил в своей речи в 1932 г. в Мюнстере Резерфорд, вспоминая о ходе своей научной работы. Он в ней указал, что открытие радиоактивности вызвало то могучее течение, которое

перерабатывает все естествознание, перевернуло физику, начинает менять наши геологические и химические представления и проникает, но еще не вошло в науки о жизни» [8]. В. И. Вернадский создает в Петербурге Радиевый институт и организует исследования по радиогеоэкологии. Исследования проводились не только в европейской части России, но и в Сибири. Имеющиеся в Томске архивные материалы позволяют утверждать, что и здесь, особенно в центре сосредоточения научной мысли городе Томске, исследования этого нового явления проводились не менее активно, чем в признанных столичных городах Европы и России [9]. В 1917–1926 гг. профессор П. П. Орлов вел курс лекций «Радиоактивные элементы, их свойства и нахождение в природе» на физико-математическом факультете Томского государственного университета. Это один из самых первых учебных курсов, читаемых в России.

Из архивных материалов известно, что Вернадский посетил Томск в 1914 г. и обсуждал там вопросы радиогеоэкологии, а Мария Склодовская-Кюри посетила Красноярск [9]. Это сыграло также большую роль в развитии учения о радиоактивности и подготовке научных кадров в Сибири. В музее Томского политехнического института хранится один из трех экземпляров первого прибора для определения радиоактивного излучения, приобретенных во Франции и используемых для научных исследований в Томске.

В настоящее время в России более 20 институтов, работающих в области радиоактивности. Наша страна первой стала использовать атомную энергию для мирных целей. Университеты в Москве, Санкт-Петербурге, Томске, Нижнем Новгороде, Екатеринбурге готовят специалистов по радиохимии, радиоэкологии, ядерной физике. В 1967 г., в год 100-летия со дня рождения Марии Кюри, в Кольском филиале Академии наук СССР началось строительство изотопной лаборатории. С 1968 г. по настоящее время в лаборатории проводятся исследования радиоактивности горных пород, минералов и минерального сырья Кольского п-ова, изучаются закономерности распределения естественных радионуклидов при обогащении и переработке руд, разрабатываются методы очистки ценных компонентов от радионуклидов и

методы очистки жидких радиоактивных отходов, изучается радиационная обстановка в регионе. В вузах города Апатиты читаются курсы по радиационной экологии, радиобиологии, радиационной безопасности химических технологий, радиационной безопасности атомных станций. Выпускники вузов работают на различных предприятиях атомной промышленности Мурманской обл.

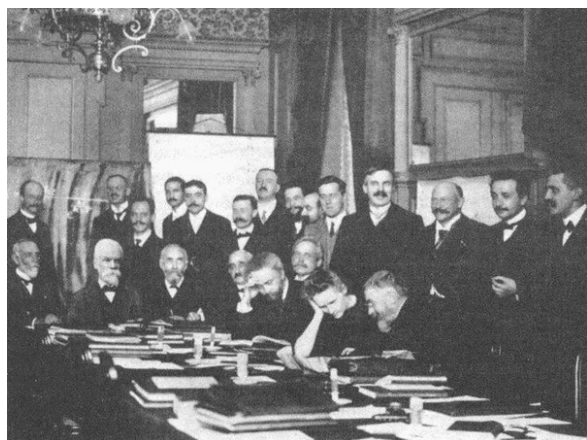


Надгробия М. и П. Кюри в Пантеоне, Париж

когда-то находилась их лаборатория-«сарай», в которой они совершали открытия. У надгробий всегда свежие цветы.

Вследствие многолетней работы с радием здоровье Марии Кюри стало заметно ухудшаться. Несмотря на это, она продолжает работать в лаборатории: исследует свойства актиноидов, заканчивает работу над монографией «Радиоактивность», редактирует ее и готовит к изданию. Врачи и родные настаивают на отдыхе и лечении. Ее перевозят в санаторий местечка Санселлемоз во французских Альпах (Пасси, Верхняя Савойя), которые она очень любила и в последние годы мечтала на купленном участке построить дом для всей семьи. Ева заботится о ней. Врачи не могут установить диагноза, лечение не улучшает ее состояние. Мария Кюри скончалась 4 июля 1934 года во Франции от тяжелой неизвестной болезни, которую потом диагностировали как острую злокачественную анемию, впоследствии названную лейкемией. Похоронена 6 июля 1934 на кладбище в Со (О-де-Сен) в могиле своего мужа Пьера Кюри. Там же потом будет похоронена их дочь Ирен (12.09.1897 — 17.03.1956).

Мария Кюри, до самозабвения преданная науке, стала первой женщиной-лауреатом Нобелевской премии и единственной женщиной, получившей эту престижную награду в несхожих областях двух различных наук. Благодаря Марии в науке появился термин «радиоактивность».



На Сольвеевском конгрессе по физике
(2-й справа стоит А. Эйнштейн)

Учение о радиоактивности за двадцать восемь лет, в значительной степени трудами Марии, выросло в новую отрасль физики и химии. Благодаря ее научной и организаторской деятельности радиоактивность нашла широкое применение в медицине, в первую очередь в лечении рака.

20 апреля 1995 г. по решению президента Франции Ф. Миттерана прах Пьера и Марии Кюри был перенесен в парижский Пантеон на торжественной церемонии в присутствии президента Польши Л. Валенсы. Именно в этом районе Парижа за Пантеоном, на ул. Ломон,

Помимо двух Нобелевских премий, Мария Склодовская-Кюри была удостоена: медали Берглю Французской академии наук (1902); медали Дэви Лондонского королевского общества (1903); медали Маттеуччи, Национальная академия наук Италии (1904); медали Эллиота Крессона Франклиновского института (1909); медали Альберта Королевского общества искусств (1910); медали Джона Скотта (1921); премии Уилларда Гиббса (1921).

Мария Кюри получила 20 почетных степеней, была избрана почетным членом 106 научных учреждений, академий и научных обществ всего мира, в том числе Французской медицинской академии, почетным членом Общества любителей

естествознания, антропологии и этнографии в Москве, с 1912 г. — членом Института экспериментальной медицины в Петербурге, с 1914 г. — почетным членом научного института в Москве, с 1926 г. — почетным членом Академии наук СССР.

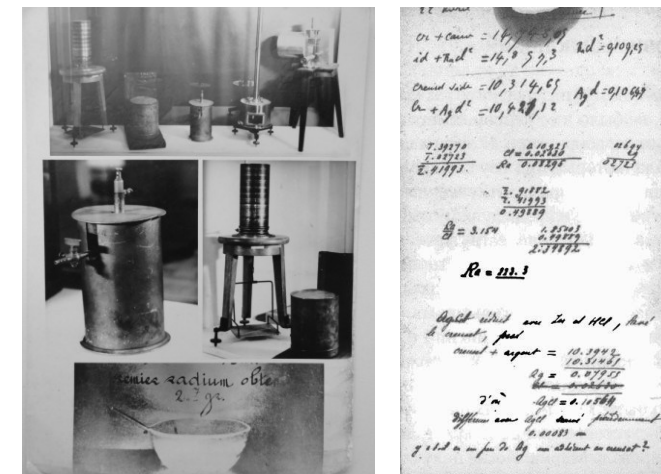
С 1911 г. и до смерти Склодовская-Кюри принимала участие в престижных Сольвеевских конгрессах по физике, в течение 12 лет была сотрудником Международной комиссии по интеллектуальному сотрудничеству Лиги Наций.



Музей М. Склодовской в Варшаве
(2-й этаж, дом, в котором она родилась)

Учение Марии не прервалось, его продолжили ее студенты, ученики, дети и внуки, которые также стали крупными учеными. История науки всех времен и всех народов не знает примера, чтобы две супружеские пары в двух последовательных поколениях внесли столь большой вклад в науку, как семья Кюри. Ее дочь Ирен (1897–1956) стала профессором по физике, вместе с мужем Ф. Жолио она работала в Институте радия, с 1946 г. была его директором. У них родились дочь Элен (1927) и сын Пьер (1932). Элен Ланжевен-Жолио стала профессором физиком-ядерщиком, ей почти 90 лет и она до сих пор работает в Сорбонне, ее сын — Ив Ланжвен стал астрофизиком, Пьер Жолио-Кюри — известный биофизик [10].

Младшая дочь Марии — Ева Кюри-Лабуасс (1904–2007) была прекрасной пианисткой, журналистом и писателем, занималась общественной деятельностью. Именно она написала известную книгу «Мадам Кюри» (1938) с воспоминаниями матери, ее биографией, переведенную на несколько языков. За этот труд она получила Национальную книжную премию в США. Во время Второй мировой войны была, как и Фредерик Жолио Кюри, активной участницей Сопротивления. После войны стала соиздателем ежевечерней газеты. В 1952 г. назначена специальным советником Генерального секретаря НАТО



Физические приборы для регистрации излучений и листок из дневника (расчеты атомной массы радия)

и работала на этой должности до 1954 г. — пока не вышла замуж за посла США в Греции, руководителя Детского фонда ООН (ЮНИСЕФ) и, впоследствии, лауреата Нобелевской премии мира. Сама же Ева, будучи замужем, возглавляла ЮНИСЕФ в Греции, умерла в возрасте почти 103 лет [10].

Чрезвычайный интерес и уважение к двум поколениям Кюри-ученых объясняется еще и их высокими моральными качествами. Мария Кюри — истинная героиня в борьбе за науку, преодолевшая огромные препятствия и жизненные тяготы.

Ученые всего мира чтут память об этой выдающейся женщине-ученом. Поляки также чтут память Марии, так много сделавшей для своей Родины и прославившей ее. В Варшаве в доме, где родилась Мария, был организован музей Склодовской-Кюри, в котором представлены ее личные вещи: очки и очечник, дневник с записями проводимых исследований и расчетами, лабораторная посуда, с которой она работала (фарфоровая чашка с радием), физические приборы, которые были созданы Пьером для регистрации излучения и измерения радиоактивности и др., а также изданные труды, монографии. Практически все экспонаты радиоактивны, поэтому помещены за специальное защитное стекло.

В честь Пьера и Марии Кюри назван искусственный химический элемент — кюрий. В Варшаве и Люблине Марии Кюри — женщине-легенде установлены прекрасные памятники, ее именем назван Центр онкологии, Институт имени Марии Склодовской-Кюри в Варшаве, Университет Марии Склодовской-Кюри в Люблине, частный колледж в Варшаве (*Uczelnia Warszawska im. Marii Skłodowskiej-Curie*) и множество школ разных уровней по всей стране. Во Франции в ее честь названы Университет Пьера и Марии Кюри, Институт Кюри и одна из станций парижского метро.



Памятники Марии Кюри в Люблине (слева и справа) и Варшаве (в центре)

История жизни Марии Склодовской-Кюри (7 ноября 1867 г. — 4 июля 1934 г.) привлекательна не только ее достижениями в науке и мировой известностью, но и тем, что ее всегда окружали близкие, любящие люди, помогавшие ей и получающие от нее взаимную помощь и любовь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коттон Э. Семья Кюри и радиоактивность / пер. с фр. Н. Е. Горфинкель и А. Н. Соколова. М., 1964. 176 с.
2. Кюри Е. Мария Кюри: пер. с фр. / под ред. В. В. Алпатова. М.: Атомиздат, 1967. 352 с.
3. Храмов Ю. А. Физики: биограф. справочник / под ред. А. И. Ахиезера. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Наука, 1983. 400 с.
4. Гернек Ф. Пионеры атомного века: пер. с нем. М.: Прогресс, 1974. 373 с.
5. Кюри М. Радиоактивность. М.; Л.: Наука, 1934. 325 с.
6. Лауреаты Нобелевской премии: энцикл.: пер. с англ. М.: Прогресс, 1992.
7. Нобелевские лауреаты. URL: <http://fb.ru/Образование/Наука/article> (дата обращения: 01.11.2017).
8. Вернадский В. И. Труды по философии естествознания. М.: Наука, 2000. 504 с.
9. Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы междунар. конф., посвященной 100-летию со дня открытия явления радиоактивности и 100-летию Томского политехн. ун-та (22–24 мая 1996 г., Томск) / редкол.: Л. П. Рихванов (отв. ред.) [и др.]. Томск: Изд-во ТПУ, 1996. 495 с.
10. Великие женские династии: женщины, продолжательницы дела. URL: pics.ru/dochki-materi-zhenshhiny-kotorye-dostojno-prodolzhlili-znamenityh-materej (дата обращения: 30.10.2017).

Сведения об авторе

Мельник Наталия Александровна — кандидат технических наук, доцент по специальности «Химия и технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов» Апатитского филиала Мурманского государственного технического университета, кафедра геоэкологии
E-mail: nat-melnik@list.ru

Author Affiliation

Natalia A. Melnik — PhD (Engineering), Associate Professor (Chemistry and Technology of Rare, Dispersed and Radioactive Elements) at the Apatity Branch of Murmansk State Technical University, Department of Geocology
E-mail: nat-melnik@list.ru

Библиографическое описание статьи

Мельник, Н. А. Жизнь и деятельность Марии Кюри и ее вклад в развитие ядерной медицины / *Н. А. Мельник* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 4 (9). — С. 98–112.

Reference

Melnik Natalia A. Life and Work of Marie Curie and Her Contribution to the Development of Nuclear Medicine. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 98–112. (In Russ.).

УДК 616-003.725:546.3

ВЛИЯНИЕ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ НАПИТКОВ НА МИНЕРАЛЬНЫЙ ОБМЕН ПРОМЫШЛЕННЫХ РАБОЧИХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А. Н. Никанов, Л. В. Талыкова, В. Р. Быков, О. И. Табарча

Филиал «НИЛ ФБУН "Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья"» Роспотребнадзора, г. Кировск

Аннотация

Проведены исследования по оценке эффективности лечебно-профилактических напитков по выведению из организма токсичных металлов у работников медно-никелевой промышленности европейской части Арктической зоны РФ при работе во вредных условиях труда. В биоматериалах (моче) работников металлургического предприятия в соответствии со схемой исследования определялись ионы металлов (никеля, кобальта и меди). Установлено снижение содержания токсических металлов в организме работающих в течение трех и более недель приема лечебно-профилактических напитков, что свидетельствует о целесообразности использования их детоксикационных свойств для организации профилактического питания среди промышленных рабочих металлургических предприятий в Арктике.

Ключевые слова:

Арктическая зона Российской Федерации, вредные производственные факторы, лечебно-профилактические напитки.

INFLUENCE OF TREATMENT-AND-PREVENTIVE DRINKS ON MINERAL EXCHANGE AMONG WORKERS IN THE RUSSIAN ARCTIC

Alexander N. Nikanov, Lyudmila V. Talykova, Vladimir R. Bykov, Olga I. Tabarcha

Kola Research Laboratory for Occupational Health, Kirovsk

Abstract

We have carried out the studies on the assessment of treatment-and-preventive drinks effect to withdraw toxic metals among workers of copper-nickel industry in the Arctic zone of the RF. The study findings reveal the advisability of use of the above-mentioned food additives during three and more weeks of reception. The detoxication properties can be used as preventive nutrition for workers of metallurgical industry in the Arctic.

Keywords:

Arctic zone of the Russian Federation, harmful industry factors, treatment-and-preventive drinks.

Введение

Арктическая зона Российской Федерации (АЗ РФ) является одним из наименее экономически освоенных регионов, несмотря на то, что ее ресурсный потенциал оценивается чрезвычайно высоко. Именно здесь добывается значительное количество полезных ископаемых, имеющих стратегическую важность для страны. Мурманская обл., расположенная за Северным полярным кругом на территории Кольского п-ова, — один из наиболее развитых регионов АЗ РФ. Выгодное географическое положение, незамерзающая акватория морского порта, близость границ со странами Европейского союза — все это обеспечивает области значительные

преимущества по сравнению с другими северными регионами России. Экономика Кольского п-ова базируется на промышленности, имеющей высокий экспортный потенциал. На его территории сосредоточены крупные источники важнейших видов минерального сырья, создан мощный промышленный комплекс, обеспечивающий преобладающую часть потребностей России в фосфатных рудах, цветных и редкоземельных металлах, флогопите, вермикулите, бадделеите, нефелиновом и керамическом сырье [1–4].

На территории Мурманской обл. более чем 90 % населения проживает в городах, которые являются источниками рабочей силы для градообразующих предприятий. Удельный вес работающих во вредных и опасных условиях труда составляет: среди мужчин — 68,0 %, среди женщин — 36,8 %. Основными вредными производственными факторами на металлургических предприятиях ОАО «Кольская горно-металлургическая компания» при получении никеля, меди и кобальта пирометаллургическим, электролитическим и карбонильным способами являются повышенные концентрации аэрозолей никеля [5–8].

Для промышленных рабочих, осуществляющих переработку руд цветных металлов, ведущим является ингаляционный путь поступления металлов и их соединений, при этом его накопление происходит в легочной ткани. Избыточное поступление металлов и его соединений в организм приводит к развитию патологических состояний, что создает повышенный риск формирования производственно обусловленных и профессиональных заболеваний. До 60–70 % поступающих в организм соединений металлов выводится через почки в виде устойчивых комплексов с аминокислотами [9, 10].

С целью профилактики нарушений здоровья на предприятиях промышленного комплекса Мурманской обл. проводятся комплексные организационно-технические, технологические и другие мероприятия, направленные на ограничение неблагоприятного воздействия на организм работников вредных факторов производственной среды. Однако с их помощью не всегда представляется возможным обеспечить соблюдение ПДК химических и ПДУ физических факторов на рабочих местах производственных помещений. В этих условиях возрастает значение проводимых гигиенических и медико-биологических мероприятий, среди которых важное место отводится лечебно-профилактическому питанию [11–13].

Лечебно-профилактическое питание включает: специальные рационы лечебно-профилактического питания; профилактическую витаминизацию; выдачу молока и других равноценных продуктов; выдачу пектина и пектиновых веществ.

Лечебно-профилактическое питание должно выполнять следующие задачи: повышать общую резистентность организма; уменьшать (блокировать) действие вредных производственных факторов, в том числе промышленных аэрозолей, токсических веществ, соединений тяжелых металлов; повышать эффективность естественных механизмов детоксикации и элиминации; компенсировать потери организмом важных биологически активных веществ, насыщать организм компонентами, обезвреживающими токсические вещества. Указанным требованиям соответствуют специализированные лечебно-профилактические кисели «Леовит» (далее — ЛПК «Леовит»), изготовленные ОАО «ЛЕОВИТ нутрио» по ТУ 9197-081-49947596-02 (санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.02.919. Д.000296.01.03. ЛПК «Леовит» (при вредных условиях труда, рацион 1,3)), содержат витамины и микроэлементы в соответствии со стандартными рационами лечебно-профилактического питания, более 2,0 г пектина (яблочного и свекольного), большой набор других биологически активных веществ (флавоноидов, фитостеринов, терпеноидов, органических кислот, пищевых волокон и др.). Благодаря своему составу ЛПК «Леовит» имеет клинически подтвержденное профилактическое действие, направленное на нивелирование

неблагоприятного влияния производственных факторов на состояние здоровья рабочих. В частности, они повышают активность адаптивных и защитных систем организма, в том числе иммунной системы, обладают общеукрепляющим, детоксикационным, антиоксидным, комплексообразующим, антитоксическим, гепопротекторным действием [14].

Цель исследования — оценить эффективность ЛПК «Леовит» (при вредных условиях труда, рацион 1,3) на процессы выведения токсических металлов (никеля, меди, кобальта) у работников, осуществляющих свою трудовую деятельность в условиях воздействия вредных производственных факторов.

Материал и методика исследований

Исследования проводились среди наиболее экспонированных профессиональных групп рабочих плавильного и обжигового отделений рафинировочного цеха ОАО «Кольская горно-металлургическая компания» (г. Мончегорск) (табл. 1).

Таблица 1

Среднесменные концентрации никеля в воздухе рабочих мест профессиональных групп в подразделениях рафинировочного цеха

№ пп	Подразделения цеха	Профессия	Среднесменная концентрация, мг/м ³	ПДК, мг/м ³
1	Участок разделения файнштейна	Флотатор	0,231	0,05
2	Отделение дробления	Дробильщик	2,470	0,05
3	Обжигово-восстановительное отделение	Обжигальщик	4,105	0,05
4	Плавильное отделение	Плавильщик	4,807	0,05
5	Отделение пылеулавливания	Чистильщик	1,020	0,05

В воздухе рабочего места плавильщика концентрация аэрозолей никеля превышает предельно допустимую (ПДК) в 96,1 раза, обжигальщика — в 82,1, дробильщика — в 49,4, чистильщика — в 20,4, флотатора — в 4,62 раза. Риск развития профессиональных заболеваний у плавильщиков и обжигальщиков, по сравнению с другими профессиональными группами рафинировочного цеха, высокий и составляет $OR = 5,66$ [7, 8, 14]. Профессиональный состав группы рабочих, участвовавших в исследовании, был представлен плавильщиками (30 %) и обжигальщиками (70 %), как наиболее экспонированными к аэрозолям никеля. В течение 7 недель ежедневно перед сменой вместо молока работники употребляли ЛПК «Леовит» (при вредных условиях труда, рацион 1,3) в количестве 2 столовых ложек на 1 стакан горячей воды объемом 200 мл.

Схема исследования включала определение содержания в биоматериалах (моче) никеля, меди, кобальта до начала применения ЛПК «Леовит», а затем через 2, 3 и 7 недель курса. Никель определялся с применением вольтамперометрической методики, содержание меди и кобальта — методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Экскреция данных металлов соотносилась с содержанием в моче креатинина, определяемого фотометрическим методом. Норма содержания креатинина в моче составляет 4,4–17,7 ммоль/сут. Отбор проб мочи осуществлялся в пластиковые стаканы емкостью 20 мл, проверенные на отсутствие загрязнения металлами и помещаемые дополнительно в пластиковые контейнеры (Universal Container, 25 мл, Nalge NUNC Int. Corp., Rochester, NY, USA). Оценку данных проводили с помощью системы статистического анализа и доставки информации — SAS (Statistical Analysis System).

Результаты и их обсуждение

До начала проведения курса ЛПК «Леовит» были получены фоновые показатели металлов (никеля, меди и кобальта) в моче работников, участвующих в исследовании. Средние фоновые показатели никеля, меди и кобальта в моче составили 41,2, 120,5 и 70,2 мкг/л соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Динамика выведения металлов в течение курса применения ЛПК «Леовит», мкг/л

Металл	До проведения курса	2-я неделя	3-я неделя	7-я неделя
Никель	41,2	44,7	38,9	37,3
Кобальт	70,2	56,3	37,5	31,6
Медь	120,5	154,4	133,4	123,6

В результате приема ЛПК «Леовит» в течение 2 недель отмечен некоторый подъем экскреции никеля и меди (до 44,7 и 154,4 мкг/л) и снижение кобальта до 56,3 мкг/л. Через 3 и 7 недель исследования уровень этих показателей снижался. Полученный результат указывает на возможное комплексно-подобное действие ЛПК «Леовит», способствующее усилению выводящей функции почек на первом этапе, и возможное снижение содержания в организме указанных металлов в последующем.

В результате приема киселя содержание кобальта на всех этапах исследования снижалось и через 2, 3 и 7 недель составило 56,3, 37,5 и 31,6 мкг/л.

Более показательным для оценки уровня содержания токсических металлов в моче является соотношение концентрации изучаемых металлов к концентрации креатинина. Через 2 недели курса соотношение никеля и меди к креатинину в моче практически не изменялось: отмечено некоторое нарастание соотношения никель/креатинин от 22,9 до 23,5 мкг/г креатинина и незначительное снижение пропорции медь/креатинин от 105,0 до 102,7 мкг/г креатинина. Через 3 и 7 недель отмечено более существенное снижение этих показателей, что также свидетельствует об уменьшении содержания данных металлов в организме при более длительном курсе применения ЛПК «Леовит». Соотношение кобальт/креатинин снижалось на протяжении всех этапов исследования: от 39,1 мкг/г креатинина исходно до 16,5 мкг/г креатинина в конце 7-й недели.

Таблица 3

Динамика соотношения концентрации металлов к концентрации креатинина в течение курса применения ЛПК «Леовит», мкг/г

Соотношение металла к креатинину	До проведения курса	2-я неделя	3-я неделя	7-я неделя
Никель/креатинин	22,9	23,5	21,1	19,5
Кобальт/креатинин	39,1	28,8	20,8	16,5
Медь/креатинин	105,0	102,7	69,7	76,3

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в результате применения ЛПК «Леовит» в течение 3 недель и более в организме работающих снижается содержание токсических металлов.

На основании проведенных исследований можно констатировать, что ЛПК «Леовит» способствует выведению токсических металлов из организма работающих в контакте с промышленными аэрозолями. Наибольшая эффективность отмечена при длительном

применении — не менее 7 недель — и максимально выражена в отношении выведения кобальта. Во время исследования каких-либо побочных реакций, аллергических проявлений при приеме ЛПК «Леовит» (рацион 1,3) среди рабочих выявлено не было.

Выводы

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о целесообразности включения ЛПК «Леовит» (рацион 1,3) в систему лечебно-профилактического питания рабочих ОАО «Кольская горно-металлургическая компания».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильев В. В., Селин В. С.* Методология комплексного природоохозяйственного районирования северных территорий и российской Арктики. Апатиты: КНЦ РАН, 2013. 260 с.
2. *Карначев И. П., Ефимов Б. В., Никанов А. Н.* Обеспечение безопасности труда в производственной сфере. Апатиты: КНЦ РАН, 2006. 169 с.
3. *Карначев И. П., Никанов А. Н., Коклянов Е. Б.* Уровень социально-экономического развития региона и показатели безопасности труда в Мурманской области // *Экология человека*. 2012. № 7. С. 19–23.
4. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике / *В. П. Чащин [др.]* // *Экология человека*. 2014. № 1. С. 3–12.
5. *Никанов А. Н., Чащин В. П.* Гигиеническая оценка экспозиции и определение ее величины при производстве никеля, меди и кобальта на горно-металлургическом комплексе Кольского Заполярья // *Экология человека*. 2008. № 10. С. 9–14.
6. Заболевания кожи среди работников металлургических никелевых предприятий Европейского Севера / *Т. А. Плотников [и др.]* // *Санитарный врач*. 2011. № 7. С. 24–25.
7. Multi-component assessment of worker exposures in a copper refinery. Part 2: Biological exposure indices for copper, nickel and cobalt / *E. Nieboer [et al.]* // *J. Environmental Monitoring*. 2007. Vol. 9, No 7. P. 695–700.
8. The heterogeneous composition of working place aerosols in a nickel refinery: a transmission and scanning electron microscope study / *S. Weinbruch [et al.]* // *J. Environmental Monitoring*. 2002. Vol. 4, No 3. P. 344–350.
9. *Сюрин С. А., Гуцин И. В., Никанов А. Н.* Профессиональная патология работников различных производств медно-никелевой промышленности Крайнего Севера // *Экология человека*. 2012. № 6. С. 8–12.
10. Environmental exposure as an independent risk factor of chronic bronchitis in northwest Russia / *P Nieminen [et al.]* // *Intern. J. Circumpolar Health*. 2013. Vol. 72, No 1. P. 19742.
11. Некоторые аспекты устойчивого функционирования в трудовой сфере российских горнодобывающих предприятий Баренц-региона / *Е. Б. Коклянов [и др.]* // *Горн. журн*. 2017. № 2. С. 87–91.
12. *Никанов А. Н., Кривошеев Ю. К., Гудков А. Б.* Влияние морской капусты и напитка «Альгапект» на минеральный состав крови у детей — жителей Мончегорска // *Экология человека*. 2004. № 2. С. 30–33.
13. Медико-биологическая оценка применения профилактических напитков у работающих во вредных условиях труда / *А. Н. Никанов [и др.]* // *Медицина труда и промышленная экология*. 2013. № 8. С. 43–46.
14. *Истомин А. В., Пилат Т. Л.* Гигиенические аспекты использования пектина и пектиновых веществ в лечебно-профилактическом питании: пособие для врачей. М., 2009. 44 с.

Сведения об авторах

Никанов Александр Николаевич — кандидат медицинских наук, директор Филиала «НИЛ ФБУН "Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья"» Роспотребнадзора, главный внештатный специалист-профпатолог Министерства здравоохранения Мурманской обл.
E-mail: krl_s-znc@mail.ru

Талькова Людмила Васильевна — доктор медицинских наук, заместитель директора филиала по научной работе Филиала «НИЛ ФБУН "Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья"» Роспотребнадзора
E-mail: talyk@mail.ru

Быков Владимир Робертович — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник Филиала «НИЛ ФБУН "Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья"» Роспотребнадзора
E-mail: krl_s-znc@mail.ru

Табарча Ольга Ивановна — заместитель главного врача клиники профзаболеваний Филиала «НИЛ ФБУН "Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья"» Роспотребнадзора
E-mail: nil_gigiena@mail.ru

Author Affiliation

Alexander N. Nikanov — PhD (Medical), Director of Kola Research Laboratory for Occupational Health, Chief Supernumerary Occupational Therapist of Healthcare Ministry of the Murmansk Region

E-mail: krl_s-znc@mail.ru

Lyudmila V. Talykova — Doctor of Sciences (Medical), Vice Science Director of Kola Research Laboratory for Occupational Health

E-mail: talyk@mail.ru

Vladimir R. Bykov — PhD (Medical), Senior Researcher at Kola Research Laboratory for Occupational Health

E-mail: krl_s-znc@mail.ru

Olga I. Tabarcha — Vice Head of Clinic of the Kola Research Laboratory for Occupational Health

E-mail: nil_gigiena@mail.ru

Библиографическое описание статьи

Никанов, А. Н. Влияние лечебно-профилактических напитков на минеральный обмен промышленных рабочих Арктической зоны Российской Федерации / *А. Н. Никанов [и др.]* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 4 (9). — С. 113–118.

Reference

Nikanov Alexander N., Talykova Lyudmila V., Bykov Vladimir R., Tabarcha Olga I. Influence of Treatment-and-Preventive Drinks on Mineral Exchange among Workers in the Russian Arctic. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 113–118. (In Russ.).

УДК 612.751.1:612.015.31

АНАЛИЗ ВОЗРАСТНОЙ ДИНАМИКИ МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ У ЖИТЕЛЕЙ КАРЕЛИИ

И. Г. Пашкова

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

Аннотация

Были проанализированы данные двухэнергетической рентгеновской денситометрии 929 человек (740 женщин и 189 мужчин) — жителей Республики Карелии в возрасте от 20 до 87 лет. Пиковые значения минеральной плотности костной ткани в поясничных позвонках определялись в 22 года, средние величины которых были ниже нормативных значений базы денситометра на 1,6 % — у женщин и на 5 % — у мужчин. Статистически значимое снижение минеральной плотности костей у женщин начиналось в 41–45 лет, у мужчин — в 51–55 лет. В 75 лет данное снижение у женщин составило 20 %, у мужчин — 11 %, в 81–87 лет у женщин — 25 %.

Ключевые слова:

минеральная плотность костной ткани, пиковая костная масса, поясничные позвонки, денситометрия.

ANALYSIS OF AGE-RELATED CHANGES OF BONE MINERAL DENSITY OF KARELIAN POPULATION

Inga G. Pashkova

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk

Abstract

The age-related changes of mineral density of lumbar vertebrae have been analyzed in 929 (740 women and 189 men) patients aged from 20 to 87 living in Karelia. Bone mineral density was evaluated by dual x-ray absorptiometry. The values of mineral density peak in men were 5 % lower and in women — 1,6 % in comparison with data of densitometer base. Averages of vertebral bone mineral density of women from 20 to 40 years and men up to 50 years had no significant differences. A significant decrease in bone mineral density of women vertebrae began at the age of 41–45 years, men — at the age of 51–55 years. Decrease in mineral density was accompanied by increase in width of vertebrae of men and women. Demineralization of vertebrae in 75-year-old women was 20 %, in men — 11 % and 81–87-year-old women — 25 %. Analysis of age-related changes in indicators of bone mineral density of lumbar vertebrae indicates a high prevalence of osteopenia and osteoporosis in the older age groups.

Keywords:

bone mineral density, mineral density peak, lumbar vertebrae, densitometry.



Введение

Распространенными метаболическими заболеваниями скелета человека являются остеопенический синдром и остеопороз, который среди неинфекционных заболеваний, по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), занимает 4-е место после болезней сердечно-сосудистой системы, онкологии и сахарного диабета. Количественное определение минеральной плотности костной ткани (МПКТ) является наиболее значимым в диагностике метаболических заболеваний и методом неинвазивной оценки риска перелома костей при остеопорозе.

Жизнедеятельность человека на Севере имеет определенную специфику, связанную с климатогеографическими особенностями окружающей среды, светового и температурного режима в сочетании с особенностями питания, недостаточным поступлением с пищей и питьевой водой различных микроэлементов. Республика Карелия входит в Северо-Западный федеральный округ России, и большая часть ее территории относится к районам Крайнего Севера. Среди факторов, негативно влияющих на здоровье населения, ведущее место занимают природно-климатические факторы, а также недостаток содержания в воде и почве различных микроэлементов (кальция, магния, йода, фтора, селена и др.) и избыток железа. Все они способствуют формированию у человека специфической для данной территории патологии и снижению функциональных и адаптационных возможностей организма [1].

Первичной защитой от остеопороза является накопление наибольшего количества (пиковой) костной массы в данном участке скелета, максимально возможной в пределах генетической программы индивидуума к завершению ростовых процессов [2]. Это является важным физиологическим моментом, определяющим прочность костей на протяжении всей последующей жизни человека. Уровень накопления пиковой костной массы зависит от взаимодействия многих факторов, среди которых выделяют генетические, определяющие варибельность МПКТ на 80 %, и на 20 % — другие, в том числе экзогенные факторы, которые могут существенно воздействовать на процессы накопления костной массы [2]. Негативное влияние среды проживания проявляется нарушением формирования пиковых значений МПКТ, что, в свою очередь, рассматривается как причина увеличения заболеваемости остеопорозом [3–6].

Цель исследования

Определение сроков и уровня формирования пиковой костной массы, а также количественная оценка возрастных изменений МПКТ поясничных позвонков у практически здоровых мужчин и женщин, проживающих в условиях Республики Карелия.

Материал и методы исследования

Оценка возрастной динамики МПКТ изучалась по данным двухфотонной рентгеновской абсорбциометрии (денситометрии) 929 человек (740 женщин и 189 мужчин) в возрасте от 20 до 87 лет. Отбор лиц для анализа данных МПКТ проводился случайным образом, из анализа исключались больные с патологией, влияющей на метаболизм костной ткани, то есть с онкологическими и воспалительными заболеваниями опорно-двигательной системы, с сахарным диабетом, заболеваниями щитовидной железы, и принимающие глюкокортикостероиды. Все обследованные были разделены на возрастные группы с шагом в 5 лет (21–25, 26–30, ... 81 и старше).

Определение МПКТ проводилось методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии на аппарате DPX-NT фирмы Lunar (США) с готовой нормативной базой. Для каждой возрастной группы анализировались: площадь проекции позвонков ($A_{\text{геа}}$, см²) и содержание в них костного минерала (ВМС, г), абсолютные значения проекционной минеральной плотности (ВМД, г/см²; МПКТ) поясничных позвонков с первого по четвертый, суммарная плотность для наиболее нагружаемого сочетания позвонков L₂–L₄. Оценка уровня минеральной плотности позвонков проводилась с использованием T-критерия (молодая норма) и Z-критерия (возрастная норма), выраженных в процентах и в стандартных отклонениях (SD) от норм, которые рассчитаны на основе популяционных выборок (база денситометра). Оценка результатов проводилась с учетом критериев ВОЗ (1994): величина стандартного отклонения (SD) до -1 SD расценивалась как норма, от -1,1 SD до -2,5 SD — остеопения, а остеопороз — при значениях менее -2,5 SD.

Статистическая обработка материала осуществлялась с использованием программных продуктов Statistica 6.0 for Windows, Microsoft Excel с предварительной проверкой соответствия переменных нормальному распределению по критерию Колмогорова — Смирнова и Шапиро — Уилкса. Проверку гипотезы о статистической значимости различий двух выборок проводили с помощью непараметрического критерия Манна — Уитни. Корреляционный анализ проводился по Спирмену. Различия значений исследуемых параметров считали достоверными при 95 % пороге вероятности ($p < 0,05$).

Результаты и их обсуждение

Костная ткань представляет собой динамическую живую систему с высокой чувствительностью к различным регуляторным механизмам, а также к эндо- и экзогенным влияниям. В ней на протяжении всей жизни человека протекают процессы разрушения старой кости и образования новой, что составляет цикл ремоделирования, обеспечивающий структурную адаптацию кости к изменяющимся условиям функционирования. В период роста скелета и в молодом возрасте в губчатой и субпериостальной кости в каждом цикле ремоделирования костный баланс остается положительным [2]. Это выражается в накоплении максимально возможной (пиковой) костной массы, что является важным физиологическим моментом, определяющим прочность костей на протяжении последующей жизни человека.

Северные территории, имея особенности распределения химических элементов в природных средах, представляют собой определенные биогеохимические провинции [7], это существенно влияет на сроки и уровень формирования костной массы. Анализ результатов проведенных исследований показал, что и у женщин, и у мужчин, проживающих в Республике Карелия, пиковые значения МПКТ в поясничных позвонках определялись в 22 года [8]. Был проведен сравнительный анализ полученных результатов с имеющимися в литературе аналогичными данными у жителей других регионов России. Так, в Новосибирске у мужчин МПКТ в позвонках достигает пика к 22–23 годам, у женщин — к 20–21 [4], в Санкт-Петербурге у мужчин — к 21–22 [3], в Москве у мужчин — к 25–26, у женщин — к 18–20 годам [5].

В Карелии средние значения пиковой МПКТ позвонков у женщин составили $1,21 \pm 0,13$ г/см² (100,7 % от значений базы денситометра), у мужчин — $1,23 \pm 0,18$ г/см² (99 %). Важно отметить, что уровень средних значений пиковой костной массы у мужчин и женщин находится ниже на 5 и 1,6 % соответственно от нормативных значений базы денситометра. В целом по Карелии только у 65 % мужчин и у 75 % женщин в возрасте от 20 до 30 лет уровень пиковой МПКТ достигает нормативных значений пиковой костной массы. Так, у жителей Иркутска 20–29 лет 94 % женщин и 89 % мужчин достигли пиковых значений референтной базы денситометра [9]. Полученные в исследовании данные подтверждают тот факт, что существует вариабельность накопления пиковой костной массы у жителей разных климатогеографических регионов.

Известно, что после достижения пика костной массы до 40–45 лет у женщин и до 50 лет у мужчин наблюдается равновесие между процессами костеобразования и резорбции, после наступления менопаузы у женщин и в течение шестой декады жизни у мужчин процессы костной резорбции начинают преобладать над костеобразованием, что приводит к потере костной массы в позвоночнике около 1 % в год у женщин и 0,5 % в год у мужчин [2, 10].

Возраст является одним из главных факторов, влияющих на снижение уровня МПКТ. У женщин Карелии выявлена более выраженная обратная корреляционная взаимосвязь величины МПКТ позвонков с возрастом ($r = -0,45$, $p < 0,001$), чем у мужчин ($r = -0,16$, $p < 0,05$).

Кроме того, были получены результаты, отражающие динамику возрастных изменений значений МПКТ поясничных позвонков. До 40 лет у женщин и до 50 лет у мужчин величина МПКТ позвонков не имела значимых возрастных различий, средние значения у женщин составляли $1,20 \pm 0,14$ г/см², у мужчин — $1,18 \pm 0,19$ г/см² ($p = 0,422$), средние значения Т-критерия были равны 0,03 SD (99,9 % от пиковой костной массы) и -0,6 SD (94,2 %), соответственно. На протяжении третьей и даже четвертой декады жизни наблюдалось незначительное увеличение МПКТ позвонков, что у женщин составило 1,7 и 3,4 % к 35 и 40 годам соответственно, у мужчин — 1,7 % к 45 годам.

Статистически значимое ($p < 0,05$) снижение МПКТ позвонков у женщин отмечалось на 10 лет раньше (в 41–45 лет), чем у мужчин — в 51–55 лет. Половые различия значений МПКТ выявлены в возрасте 56–60 ($p < 0,01$), 66–70 ($p < 0,01$) и 76–80 лет ($p < 0,05$), причем средние значения МПКТ у мужчин были выше, чем у женщин. Снижение МПКТ позвонков у женщин 75-летнего возраста составило 20 %, тогда как у мужчин — 11 %, у женщин 81–87 лет — 25 %.

Возрастная потеря МПКТ позвонков сопровождалась изменением их размеров. Статистически значимых возрастных различий морфометрических параметров тел позвонков у женщин не определялось до 50 лет, однако с 41–45 лет прослеживалась тенденция снижения кранио-каудального размера (высоты) и одновременного увеличения фронтального размера (ширины) позвонков. У женщин статистически значимое ($p < 0,05$) снижение высоты тел поясничных позвонков на 2,4 % (по сравнению с данными в 21–25 лет) было выявлено в 51–55 лет, в 56–60 лет — на 3,8 % ($p < 0,001$); у мужчин статистически значимое снижение высоты тел позвонков было выявлено в возрастном интервале 66–70 лет, а статистически значимое ($p < 0,05$) увеличение фронтальных размеров тел поясничных позвонков определялось в 66–70 и старше. Данные возрастные изменения морфометрических параметров поясничных позвонков можно рассматривать как компенсацию потери их механической прочности, снижающейся в связи с уменьшением количества минералов.

Анализ данных МПКТ поясничных позвонков (по Т-критерию) у обследованных женщин и мужчин разных возрастных групп показал, что 75 % женщин до 50 лет имели нормальный уровень МПКТ позвонков, к 60 годам их число уменьшилось до 44 %, тогда как низкий уровень МПКТ (остеопения и остеопороз) определялся у 56 % женщин. Число женщин с изменениями в костной ткани, соответствующими остеопорозу, в возрасте 71–80 лет составило 42 %, а после 80 лет возросло до 57 %. У 70 % мужчин до 40 лет определялся нормальный уровень МПКТ в позвонках, в возрасте 61–70 лет у 45 % мужчин выявлены изменения в позвонках, соответствующие остеопении, а после 70 лет у 23 % мужчин — остеопороз.

Выводы

У жителей Карелии выявлены более поздние сроки достижения пиковых величин МПКТ поясничных позвонков — в 22 года. У 25 % женщин и 35 % мужчин в возрасте от 20 до 30 лет уровень накопления пиковой костной массы остается недостаточным в сравнении с нормативными значениями, заложенными в базу денситометра. По-видимому, это объясняется не только генетическими факторами, но и отличительными особенностями образа жизни, питания, географией региона проживания и воздействием экологических факторов на организм, влияние которых отражается на уровне накопления костной массы. В связи с этим возникает необходимость создания региональных возрастных норм для денситометрической оценки состояния костной минеральной плотности.

Анализ возрастных изменений показателей МПКТ поясничных позвонков у жителей Карелии свидетельствует о высокой распространенности остеопении и остеопороза в старших возрастных группах, что требует активного проведения профилактических мероприятий среди населения уже в молодом возрасте для достижения более высоких значений пиковой костной массы и профилактики ее возрастного снижения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карапетян Т. А., Доршакова Н. В., Никифорова Н. А. О необходимости изучения формирования патологии на северных территориях // Световой режим, старение и рак: материалы II симп. с междунар. участием. Петрозаводск, 2013. С. 147–154. 2. Риггз Б. Л., Мелтон III Л. Д. Остеопороз: пер. с англ. СПб.: БИНОМ: Невский диалект, 2000. 560 с. 3. Малинин В. Л. Эпидемиологические аспекты остеопении у подростков и юношей Санкт-Петербурга // Травматология и ортопедия России. 2006. № 2. С. 192. 4. Минеральная плотность костной ткани позвоночника у здорового населения детского, подросткового и юношеского возраста / О. В. Фаламеева [и др.] // Хирургия позвоночника. 2008. № 1. С. 58–65. 5. Щепелягина Л. А., Мoiseeva Т. Ю. Проблемы остеопороза в педиатрии: научные и практические задачи // Рос. педиатр. журн. 2004. № 1. С. 4–11. 6. Cooper C., Westlake S., Harvey N. Review: developmental origins of osteoporotic fracture // Osteoporosis International. 2006. Vol. 17, No. 3. P. 337–347. 7. Горбачев А. Л., Луговая Е. А. Возрастные перестройки микроэлементной системы человека как биохимический механизм старения // Северо-Восточный науч. журн. 2010. № 1. С. 54–62. 8. Пашкова И. Г., Алексина Л. А. Показатели костной минеральной плотности у жителей Карелии в возрастном аспекте // Ученые записки СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова. 2013. Т. XX, № 4. С. 31–35. 9. Максикова Т. М., Меньшикова Л. В. Проспективное изучение формирования пиковой костной массы в популяции г. Иркутска // Сибир. мед. журн., 2008. Т. 80, № 5. С. 56–59. 10. Беневоленская Л. И. Клинические рекомендации. Остеопороз. Диагностика, профилактика и лечение. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. 272 с.

Сведения об авторе

Пашкова Инга Геннадьевна — доктор медицинских наук, заведующий кафедрой анатомии, топографической анатомии и оперативной хирургии, патологической анатомии, судебной медицины Медицинского института Петрозаводского государственного университета
E-mail: pashk@onego.ru

Author Affiliation

Inga G. Pashkova — Doctor of Sciences (Medical), Head of Department of Anatomy, Topographic Anatomy, Operative Surgery, Pathological Anatomy and Forensic Medicine at Medical Institute of Petrozavodsk State University
E-mail: pashk@onego.ru

Библиографическое описание статьи

Пашкова, И. Г. Анализ возрастной динамики минеральной плотности костной ткани у жителей Карелии / И. Г. Пашкова // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 4 (9). — С. 119–123.

Reference

Pashkova Inga G. Analysis of Age-Related Changes of Bone Mineral Density of Karelian Population. *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 119–123. (In Russ.).

УДК 616 : 556.364 (98 + 470.3)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УРОВНЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА ВОДЫ АРТЕЗИАНСКИХ СКВАЖИН В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ И СРЕДНЕЙ ПОЛОСЕ РОССИИ

В. Н. Петров, П. С. Терещенко, В. В. Мегорский

ФГБУН Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН (НИЦ МБП КНЦ РАН)

Аннотация

Изучено влияние различного минерального состава питьевой воды в районе арктической зоны (по сравнению со средней полосой России) на уровень заболеваемости населения. Установлено, что минеральный состав артезианской скважины из открытого источника питьевого водоснабжения населения городов Апатиты и Кировск отличается мягкостью 0,3 и 0,05 мг-экв/л, по сравнению с г. Серпухов, где питьевая вода из скважины жесткая и составляет 7,5 мг-экв/л. Установлены различия по уровню содержания сульфатов, кальция, магния, стронция, железа в питьевой воде г. Серпухов и алюминия в г. Кировск. Не обнаружено различий в заболеваемости детского (0–14 лет) и взрослого (старше 18 лет) населения в зависимости от минерального состава употребляемой воды в этих регионах. Выявлено, что в районе арктической зоны, по сравнению со средней полосой России, у детского населения наблюдается высокая заболеваемость по болезням глаз, инфекционным и паразитарным болезням, болезням нервной и костно-мышечной системы. Среди взрослого населения, проживающего в Арктической зоне, преобладают болезни системы кровообращения, костно-мышечной и мочеполовой систем, болезни глаз и органов пищеварения, а также инфекционные заболевания.

Ключевые слова:

минеральный состав воды, мягкость и жесткость воды, заболеваемость населения.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE LEVEL OF MORBIDITY OF THE POPULATION AND MINERAL COMPOSITION OF WATER OF ARTIZIAN WELLS IN THE ARCTIC ZONE AND CENTRAL RUSSIA

Vladimir N. Petrov, Pavel S. Tereshchenko, Vladimir V. Megorsky

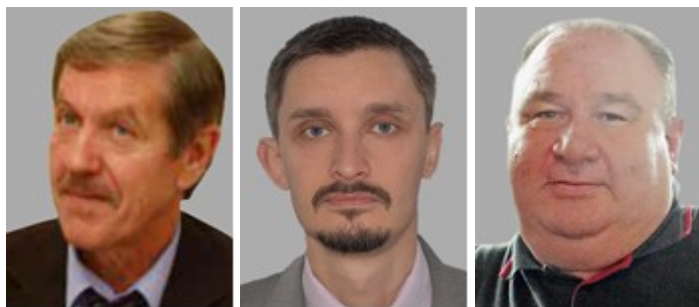
Research Centre for Human Adaptation in the Arctic — Branch of the Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Science"

Abstract

The effect of different mineral composition of drinking water on the disease level of the population in the Arctic zone compared to Central Russian have been studied. Differences in calcium, magnesium, sulfate, strontium and iron levels in the drinking water of the town of Serpukhov and aluminum level in the town of Kirovsk have been established. There were no differences in the incidence of child (0–14 years) and adult (over 18 years) populations, depending on the mineral composition of the water used in these regions. Child population of the Arctic zone, in comparison with Central Russia, has high incidence of eye diseases, infectious and parasitic diseases, diseases of nervous and musculoskeletal systems. Among the adult population of the Arctic zone diseases of circulatory and musculoskeletal systems, eye diseases, diseases of genitourinary and digestive systems, as well as infectious diseases prevail.

Keywords:

mineral composition of water, softness and hardness of water, morbidity of the population.



Введение

Буферная способность воды (в норме описывается как щелочность) тесно связана с жесткостью воды, которая может варьировать от менее 10 до более 500 мг/л.

Так, постоянное употребление внутрь воды с повышенной жесткостью приводит к накоплению солей в организме и, в конечном итоге, к заболеваниям суставов.

При заболеваниях опорно-двигательного аппарата распространенными являются артрозы крупных суставов. Старение костной ткани и развитие полиартритов, дорсопатий, артритов характеризует увеличение соотношения Са/Р. Имеются литературные сведения о том, что потребление слишком жесткой питьевой воды может приводить к мочекаменной болезни. Увеличение соотношения Са/Р в организме приводит к образованию гидроксилапатита почечных камней [1].

На жесткость воды оказывает влияние концентрации кальция и магния. Небольшой вклад в общую жесткость вносят поливалентные ионы: цинк, марганец, алюминий, стронций, барий и железо, вымываемые из таких минералов, как сфалерит, армангит, боксит, стронцианит, витерит и фосфодерит [2]. В ряде исследований, проведенных в различных районах мира, было показано, что существует статистически достоверная высокая отрицательная корреляция между жесткостью воды и сердечно-сосудистыми заболеваниями [2].

Так, магний (Mg) требуется для нормальной работы сердца, способствует расширению сосудов сердца и снижению свертываемости крови, оказывает влияние на работу почек, желчевыводящих путей, нервной системы. Его недостаток в организме приводит к иммунодефициту и хроническому грибковому поражению кишечника. Препараты магния эффективны при некоторых патологических состояниях, например, Mg₂ купирует судороги в икроножных мышцах и снижает уровень холестерина и глюкозы в крови при сахарном диабете [3].

Из всего находящегося в организме человека железа (Fe) примерно 79 % приходится на гемоглобин, остальное содержится в железопroteинах, цитохромах и ферментах. Железо — крайне необходимый элемент, играющий ключевую роль в процессах переноса кислорода от легких к тканям и удаления CO₂ из организма [3].

Известно, что цинк — «главный неорганический гормон», при ряде патологических состояний (гипоксия, гипохромная анемия) он переходит из плазмы в эритроциты, увеличивая содержание и активность карбоангидразы и тем самым стимулируя быстрое связывание и выведение CO₂. В процессе тканевого дыхания карбоангидраза и Zn играют большую роль, сравнимую с ролью гемоглобина и Fe [3].

Недостаточное количество йода в воде и продуктах приводит к гиперфункции щитовидной железы (гипотиреозу и базедовой болезни (зобу), а это отражается на функционировании гипоталамо-гипофизарной системы человека [4]. Ежедневно 30–40 % потребляемого с пищей йода концентрируется в щитовидной железе, остатки которого выделяются с мочой. Он регулирует содержание кальция и снижает содержание фосфора в плазме крови. Недостаточное выделение паратгормона приводит к нарушению кальциево-фосфорного гомеостаза (гипокальциемия и гиперфосфатемия). Причиной гипокальциемии может быть также снижение всасывания кальция в желудочно-кишечном тракте. Недостаток йода в почве, воде, пищевых продуктах приводит к компенсаторному увеличению щитовидной железы.

Результаты и обсуждения

В своей работе мы сравнили заболеваемость населения муниципальных образований за Северным полярным кругом: г. Апатиты и г. Кировска Мурманской обл. (68° с. ш.) и г. Серпухов Московской обл. (56° с. ш.). Так как эти муниципальные образования различаются по климатогеографическому составу атмосферы и минеральному составу употребляемой

питьевой воды, были использованы данные централизованного питьевого водоснабжения городов Апатиты (водоснабжение из оз. Имандра) и Кировск (артезианское водоснабжение), а также данные об артезианском водоснабжении г. Серпухова. Сведения о содержании химических веществ в питьевой воде, подаваемой населению, городов Апатиты и Кировск были предоставлены «Апатитыводоканалом» [5], а по городам Серпухов, Пушкино и Чехов — Роспотребнадзором. Заболеваемость исследовали по отчетности (форма 12) Апатитско-Кировской центральной городской больницы (ЦГБ) и Серпуховской ЦГБ.

Обращает на себя внимание, что питьевое водоснабжение городов Кольского п-ова различается по химическому составу (табл. 1). Особенность воды г. Серпухова в том, что она жесткая — 7,5 °Ж, а в городах Апатиты и Кировск очень мягкая и составляет 0,34 и 0,05 °Ж соответственно.

Содержание кальция в воде, мг/л: Апатиты — 4,29, Кировск — 0,5 и Серпухов — 43,4, общая минерализация в воде составляет, мг/л: Апатиты — 65, Кировск — 45,9, Серпухов — 470. Отмечаются различия по содержанию в воде магния и сульфатов. Содержание магния выше и составляет 12,04 мг/л в Серпухове, 0,35, 1,44 мг/л — в городах Кировск Апатиты. Количество сульфатов: Серпухов — 89,45 мг/л, Кировск — 5,8 мг/л, Апатиты — 18,2 мг/л.

Таблица 1

Сравнительная таблица химического состава питьевой воды в Арктическом регионе и средней полосе России с нормативами качества воды по СанПиН 2.1.4.1074-01

Показатели химического состава питьевой воды	Нормативы по СанПиН 2.1.4.1074-01	Апатиты, Мурманская обл., оз. Имандра	Кировск* Мурманская обл.	Серпухов*, Московская обл.
Водородный показатель (рН)	6–9	7,57	9,0	7,26
Жесткость общая, градус жесткости	7,0	0,34	0,05	7,5
Кальций, мг/л	–	4,29	0,5	43,4
Общая минерализация мг/л	1000	65	45,9	470
Железо, г/л	Менее 0,3	Менее 0,1	Менее 0,1	0,283
Алюминий, мг/л	0,5	Менее 0,01	0,49	Менее 0,02
Магний, мг/л	–	1,44	0,35	12,04
Сульфаты, мг/л	500	18,2	5,8	89,45
Марганец, мг/л	0,1	Менее 0,01	Менее 0,002	0,00032
Стронций, мг/л	7,0	0,051	–	0,64
Цинк, мг/л	5,0	Менее 0,005	Менее 0,005	0,0023
Йод, мг/л	–	–	–	0,00013

* Артезианская скважина.

Имеются различия по содержанию железа: в городах Апатиты и Кировск — менее 0,1 мг/л, в Серпухове — 0,283 мг/л. В г. Серпухове на водоканале дополнительно применяют обезжелезивающую установку для удаления части железа, поступающей для населения из скважины. В г. Кировске отмечается повышенное содержание алюминия — 0,49 мг/л, по сравнению с водой городов Апатиты и Серпухов — менее 0,01 и 0,002 мг/л соответственно.

Количество алюминия в этих городах не превышает санитарные нормы. Содержание йода в воде не нормируется. В связи с этим его содержание в питьевой воде лабораторией «Апатитыводоканал» не определяется. В г. Серпухове содержание йода в артезианской воде составляет 0,00013 мг/л. Содержания марганца и цинка в воде исследованных городов почти одинаковое — менее 0,1 и менее 0,005 мг/л соответственно. Отмечается небольшое различие по стронцию: в г. Серпухове — 0,64 мг/л, в г. Апатиты — менее 0,051 мг/л, в г. Кировске его содержание не определяли.

Следует обратить внимание и на то, что уровень заболеваемости изучается как один из ведущих факторов, характеризующих уровень здоровья населения. При исследовании заболеваемости данных городов мы принимали во внимание то, что исследуемые города близки по качеству оказания медицинской помощи населению. У них почти одинаковый в процентном отношении возрастной состав проживающего населения. В Серпуховском регионе на протяжении ряда последних лет относительно благоприятная экологическая обстановка [6].

Возрастной состав населения в г. Апатиты распределяется следующим образом: дети (0–17 лет) — 20 %, взрослые старше 18 лет (трудоспособного возраста) — 54 %, пенсионеры — 26 %. Общая численность населения — 50456 чел. Около 80 % проживающего в г. Апатиты населения — лица работоспособного возраста и пенсионеры, что отражается на уровне общей заболеваемости.

Возрастной состав населения г. Кировска: дети 0–17 лет — 20 %; взрослые трудоспособного возраста старше 18 лет — 56 %; пенсионеры — 24 %. Общая численность населения — 29205 чел.

Возрастной состав населения г. Серпухова представлен следующим образом: дети 0–17 лет — 19 %, взрослые трудоспособного возраста старше 18 лет — 55 %, пенсионеры — 26 %. Общая численность населения — 126586 чел.

Установлено, что заболеваемость как среди детей (0–14 лет), так и среди взрослых (старше 18 лет) в Апатитско-Кировском районе выше, чем в средней полосе России в 1,2 раза (табл. 2).

Таблица 2

Количество посещений врачей в 2016 г. по муниципальным образованиям
Апатитско-Кировского района и г. Серпухов, на 1 тыс. населения

Возрастная группа	Апатиты	Кировск	Больница НИЦ КНЦ РАН, Апатиты	Серпухов
Дети (0–14 лет)	2737	2593	–	2348
Взрослые (старше 18 лет)	1778	1832	2078	1323

Анализ заболеваемости среди детей представлен в табл. 3. Он показывает, что в Апатитско-Кировском районе заболеваемость выше, чем в г. Серпухове: по болезням глаз и его придаточного аппарата выше в 2,8–3,7 раза, по инфекционным заболеваниям — в 1,6–2 раза, по болезням кровообращения в г. Апатиты заболеваемость выше в 6,4 раза, тогда как в г. Кировске ниже, чем в г. Серпухове. По заболеваниям мочеполовой системы выше в 1,9 раза (только в г. Апатиты), по заболеваниям костно-мышечной системы — в 2,8 и 7,5 раза в городах Апатиты и Кировск соответственно, по болезням нервной системы — в 3 и 8,3 раза городах Апатиты и Кировск соответственно.

Таблица 3

Структура заболеваемости по обращаемости за 2016 г.
в Апатитско-Кировском районе и г. Серпухове среди детей 0–14 лет, на 1 тыс. населения

№ п/п	Нозология	Апатиты	Кировск	Серпухов
1	Болезни органов дыхания	1777,1	1576,7	1621,3
2	Болезни глаз и его придаточного аппарата	232,3	175,4	63,3
3	Травмы, отравления и некоторые другие последствия	104,8	144,3	124
4	Болезни кожи и подкожной клетчатки	134	74,9	167,5
5	Инфекционные и паразитарные болезни	129,1	102,3	63,5
6	Болезни органов пищеварения	77,6	90,7	115,5
7	Болезни систем кровообращения	73,4	1,8	11,5
8	Болезни мочеполовой системы	69,7	40,9	37,3
9	Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	68	180,1	24
10	Болезни нервной системы	47,7	132,6	16
11	Болезни уха	46	43,8	31,8
12	Психические расстройства	40,8	64,7	17,7
13	Врожденные аномалии	27,3	20,3	21,7
14	Болезни эндокринной системы	14,3	14,9	8,1
15	Новообразования	12,3	10	7,0
16	Болезни крови	7,5	7,5	10,0

Среди взрослого населения старше 18 лет в Апатитско-Кировском районе уровень заболеваемости также превышает таковой в средней полосе России (табл. 4): по болезням систем кровообращения — в 1,3–1,6 раза; костно-мышечной системы — в 2,5–2,6 раза; глаз и его придаточного аппарата — в 2,7–2,0 раза; мочеполовой системы — в 2,6–2,4 раза; органов пищеварения — в 1,5 раза. Обращает на себя внимание, что уровень заболеваемости, связанный с минеральным обменом веществ в организме, не имеет особых различий в Апатитско-Кировском районе и г. Серпухове (табл. 4).

Высокая заболеваемость болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани развивается в основном за счет потери эластичности хрящевой ткани, возможно, по причине нарушения минерального обмена (255,7 случаев): артропатий — 59 и деформирующих дорсопатий — 113,1 случаев. Сравнительный уровень заболеваемости среди взрослого населения показывает, что уровень заболеваемости артрозами в городах Апатиты и Кировск — 40,2 и 50,6 случаев соответственно, что немного выше, чем г. Серпухове — 30,1.

Заболеваемость болезнями мочеполовой системы — 147,6 случаев в основном за счет: воспалительных болезней женских тазовых органов, болезней предстательной железы, болезней почек и мочеочника — 21,1 случаев. Мочекаменная болезнь характеризуется образованием в почках и мочевыводящих путях мочевых камней в результате нарушения обмена веществ и изменения со стороны мочевых органов. Заболеваемость мочекаменной болезнью почти одинакова в данных региона и составляет от 7,3 до 11,1 случаев на 1 тыс. населения.

Таблица 4

Структура заболеваемости населения в 2016 г. по муниципальным образованиям
Апатитско-Кировского района и г. Серпухова среди населения старше 18 лет,
на 1 тыс. населения данного возраста

№ п/п	Нозология	Апатиты	Кировск	Серпухов
1	Болезни системы кровообращения	298,5	360,9	225,7
2	Болезни костно-мышечной системы	255,7	265,5	101,8
2а	артрозы	40,2	50,6	30,1
3	Болезни органов дыхания	245,7	242,6	250
4	Болезни глаз	227,4	164,3	84,2
5	Болезни мочеполовой системы	147,6	135,4	56,8
5а	мочекаменная болезнь	9,2	11,1	7,3
6	Болезни органов пищеварения	109,1	102,9	70,4
6а	болезни желчного пузыря, желчевыводящих путей	13,6	11,1	15,3
7	Новообразования	90,7	55,7	57,7
8	Травмы, отравления и некоторые другие последствия	75,4	137	168,1
9	Болезни эндокринной системы	75,4	92,6	70
9а	эндемический зоб, связанный с йодной недостаточностью	–	0,9	3,8
9б	субклинический гипотиреоз вследствие йодной недостаточности и другие формы	5,8	2,3	3,3
9в	другие формы нетоксичного зоба	9,5	8,4	9,1
10	Болезни кожи и подкожной клетчатки	67,8	57,5	53,8
11	Инфекционные и паразитарные болезни	50,9	35,3	21,6
12	Болезни уха	49,2	43,9	45,8
13	Болезни нервной системы	30,6	49,9	23,6
14	Психические расстройства	27,5	60,9	71,4
15	Болезни крови	9,4	9,3	3,8
16	Врожденные аномалии	2,5	1,5	0,24

Болезни органов пищеварения составляют в Апатитско-Кировском районе — 109,1–102,9 случаев. Рост заболеваемости происходит за счет гастритов и дуоденитов — 26,3 случаев, неинфекционных энтеритов и колитов — 10,0 случаев, болезней поджелудочной железы — 9,1 случаев. В развитии желчнокаменной болезни значительную роль играют расстройства холестеринового обмена, приводящие к камнеобразованию [7]. Уровень болезней желчного пузыря и желчевыводящих путей составляет в Апатитско-Кировском районе 11,1–13,6 случаев, в г. Серпухове — 15,3. Эндокринная и нервная системы осуществляют регуляцию и выполняют координационную функцию всех других органов и систем организма [1]. Заболеваемость болезнями эндокринной системы в Апатитско-Кировском районе составляет 75,4–92,6 случаев, в г. Серпухове — 70. Расстройства питания и нарушения обмена веществ связаны в основном с заболеваниями щитовидной железы и сахарным диабетом — 26,6 и 35,5 случаев соответственно. Уровень заболеваемости субклиническим гипотиреозом вследствие йодной недостаточности составляет 2,3–5,8 случаев, в Серпухове — 3,3, другие формы нетоксичного зоба в заполярном регионе регистрируются в 9 случаях.

Учеными Научно-исследовательского центра медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН было показано влияние возраста населения на заболеваемость болезнями желчного пузыря и желчевыводящих путей, артрозами, мочекаменной болезнью, субклиническим гипотиреозом, связанным с йодной недостаточностью, и другими формами нетоксичного зоба. По результатам табл. 5 обращает на себя внимание следующее: с возрастом в 1,5–2,6 раза увеличивается число обращений в поликлиники, связанных с минеральным обменом. Люди пенсионного возраста чаще обращаются за медицинской помощью, так как у них обостряются болезни, связанные с нарушением минерального обмена. Большое число обращений в больницу НИЦ КНЦ РАН обусловлено доступностью медицинской помощи, оказываемой узкими специалистами, а также увеличением возраста приписного населения.

Таблица 5

Заболеваемость населения Апатитско-Кировского района в 2016 г.
в зависимости от возраста (взрослые от 18 лет и старше, от 55 лет женщины (Ж)
и 60 лет мужчины (М)), на 1 тыс. чел. данного возраста

Нозология	Апатиты		Кировск		Больница НИЦ КНЦ РАН	
	18 лет и старше	Ж старше 55 лет и М старше 60 лет	18 лет и старше	Ж старше 55 лет и М старше 60 лет	18 лет и старше	Ж старше 55 лет и М старше 60 лет
Болезни желчного пузыря, желчевыводящих путей	13,6	20,3	11,1	20,1	26,2	35,6
Артрозы	40,2	81,4	50,8	94,1	56,4	96,8
Мочекаменная болезнь	9,2	13,4	11,1	18,8	23,7	27,4
Субклинический гипотиреоз вследствие йодной недостаточности и другие формы	5,8	11,7	2,3	3,3	10,1	14,5
Другие формы нетоксичного зоба	9,5	19,8	8,4	18,8	18,5	28,2

Выводы

Установлено, что имеются различия по минеральному составу питьевой воды централизованного водоснабжения, подаваемому населению Апатитско-Кировского района и г. Серпухов Московской обл. Вода, употребляемая жителям г. Серпухова, жесткая и составляет 7,5 мг-экв/л, содержание железа в пределах верхней границы нормы — 0,283 мг/л, тогда как питьевая вода, употребляемая в городах Апатиты и Кировск, очень мягкая и ее концентрация 0,34 и 0,05 мг-экв/л соответственно, содержание железа низкое — менее 0,1 мг/л. В г. Кировске содержание алюминия в воде находится в пределах верхней границы нормы — 0,49 мг/л.

Выявлены различия среди заболеваемости детского населения Апатитско-Кировского района и г. Серпухова. Превышения встречаются по болезням глаз — в 2,8–3,7 раза, инфекционным и паразитарным заболеваниям — в 1,6–2 раза, болезни нервной системы — в 3–8 раз, болезням костно-мышечной системы и соединительной ткани в 2,8–7,5 раза.

Среди взрослого населения (старше 18 лет) арктического региона наблюдается превышение по таким заболеваниям: болезни системы кровообращения — в 1,3–1,6 раза, болезни костно-мышечной системы — в 2,5 раза, болезни глаз — в 2–2,5 раза, болезни мочеполовой системы — в 2,3–2,6 раза, болезни органов пищеварения — в 1,5 раза, инфекционные и паразитарные болезни — в 1,7–2,3 раза.

Ученым Научно-исследовательского центра медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН не удалось обнаружить взаимосвязи между уровнем заболеваемости и минеральным составом питьевой воды, употребляемой населением Апатитско-Кировского района. А уровень заболеваемости населения, проживающего в средней полосе России и изучаемых городах, не имеет различий по таким заболеваниям, как болезни желчного пузыря, желчевыводящих путей, артрозы, мочекаменная болезнь, гипотиреоз вследствие йодной недостаточности и другие формы нетоксичного зоба.

Установлено, что рост заболеваемости у проживающего за Северным полярным кругом населения, связанный с нарушением минерального обмена, наблюдается у людей пожилого пенсионного возраста.

При изучении влияния состава воды на заболеваемость надо учитывать, что вклад воды в общее поступление минеральных веществ в организм составляет порядка 5–20 %. Необходимо принимать во внимание, что часть питьевой воды в быту употребляется в кипяченом виде, а в таком случае значительная часть солей выпадает в осадок, в том числе соли кальция и магния. Иногда население пьет водопроводную воду, очищенную с применением бытовых фильтров. Следует отметить и то, что население употребляет минерализованную бутилированную воду, продаваемую в магазинах из других регионов России, а также слабоалкогольный напиток (пиво), который содержит, как и в минеральной воде, до 2 г минеральных веществ на литр [8].

Кроме того, значительная часть минеральных веществ поступает в организм с пищей, но усваивается примерно 30–35 % минеральных веществ. Практически все пищевые продукты содержат кальций и магний [7]. Типичный рацион обеспечивает суточное поступление около 1 000 мг кальция и 200–400 мг магния, при этом нужно учитывать, что значительная часть продуктов поступает в районы Крайнего Севера из различных регионов России и стран.

Выявленные различия в уровне заболеваемости жителей Арктической зоны и средней полосы России не связаны с жесткостью воды, но, возможно, связаны с социальными факторами, климатическими условиями и факторами окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лемешева С. А., Голованова О. А. О соотношении кальция и фосфора при патогенном минералообразовании в организме человека // Минералогия техногенеза. Миасс: УрО РАН, 2006. Т. 7. С. 146–151.
2. Содержание кальция и магния в воде (жесткость). URL: <http://biofile.ru/4302.html>.
3. Барашков Г. К. Медицинская биогеография. М.: БИНОМ, 2011. 512 с.
4. Кишкун А. А. Руководство по лабораторным методам диагностики. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 779 с.
5. Качество воды «Апатитыводоканал». URL: <http://arvod.ru|2013-04-10-13-07-09|kachestvo-vody>.
6. Петров В. Н. Почему болеют жители Серпуховского региона? Серпухов, 1998. 51 с.
7. Федюкин Н. И. Внутренние болезни. Ростов-н/Дону: Феникс, 2005. 571 с.
8. Петров В. Н. Явное и тайное «зеленого змия». Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2000. 55 с.

Сведения об авторах

Петров Владимир Николаевич — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН

E-mail: petrov_ombp@admksk.apatity.ru

Терещенко Павел Сергеевич — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН

E-mail: tereshchenko_pash@mail.ru

Мегорский Владимир Владимирович — кандидат медицинских наук, директор Научно-исследовательского центра медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике КНЦ РАН

E-mail: megorsky@ya.ru

Author Affiliation

Vladimir N. Petrov — PhD (Bio), Senior Researcher of the Research Center for Human Adaptation in the Arctic — Branch of the Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Science"

E-mail: petrov_ombp@admksk.apatity.ru

Pavel S. Tereshchenko — PhD (Medical), Senior Researcher of the Research Center for Human Adaptation in the Arctic — Branch of the Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Science"

E-mail: tereshchenko_pash@mail.ru

Vladimir V. Megorsky — PhD (Medical), Director of the Research Center for Human Adaptation in the Arctic — Branch of the Federal Research Centre "Kola Science Centre of the Russian Academy of Science"

E-mail: rdchaa@medknc.ru

Библиографическое описание статьи

Петров, В. Н. Сравнительный анализ уровня заболеваемости населения и минерального состава воды артезианских скважин в Арктической зоне и средней полосе России / *В. Н. Петров, П. С. Терещенко, В. В. Мегорский* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 4 (9). — С. 124–133.

Reference

Petrov Vladimir N., Tereshchenko Pavel S., Megorsky Vladimir V. Comparative Analysis of the Level of Morbidity of the Population and Mineral Composition of Water of Artizian Wells in the Arctic Zone and Central Russia. *Herald of the Kola Science of the RAS*, 2017, vol. 4 (9), pp. 124–133. (In Russ.).

Школа молодых ученых «Высокоширотные геофизические исследования»

Полярный геофизический институт, 23 ноября 2017 г.

На 6-й школе молодых ученых «Высокоширотные геофизические исследования», проходившей 23-го ноября 2017 г. в Полярном геофизическом институте (г. Апатиты), были представлены новые научные результаты, полученные молодыми российскими учеными в академических институтах и вузах Мурманской области.

В ходе конференции обсуждались следующие фундаментальные и прикладные вопросы исследования Арктической зоны:

- процессы в высокоширотной ионо-, атмо-, магнито- и литосфере;
- проблемы распространения радиоволн в различных природных средах;
- воздействие космической погоды на состояние технологических систем и биологические объекты.

Проведение уже ставшей традиционной конференции имеет большое значение для подготовки кадрового потенциала российской науки в области наук о Земле.

По итогам конференции были выделены работы следующих молодых ученых: Е. А. Федотова (ПГИ), А. А. Скороходов (Геологический институт КНЦ РАН), О. М. Лебедь (ПГИ), З. В. Суворова (ПГИ), А. С. Никитенко (ПГИ).

Всероссийская научно-техническая конференция с участием иностранных специалистов

«Информационные технологии в реализации экологической стратегии развития горнодобывающей отрасли»

Горный институт КНЦ РАН, 10–12 октября 2017 г.

Конференция проведена при поддержке Федерального агентства научных организаций и АО «Апатит» (Группа компаний «ФосАгро»).

В работе конференции приняли участие 92 ученых, в том числе 2 академика, 20 докторов наук, 23 кандидата наук, из России, Китая, Казахстана.

В числе участников конференции — 17 организаций, в том числе из 8 академических институтов (ИГД ДВО РАН (г. Хабаровск), ИГД Севера СО РАН (г. Якутск), ИГД УрО РАН (г. Екатеринбург), Институт вычислительных технологий СО РАН (г. Кемерово), ИППЭС КНЦ РАН, ГИ КНЦ РАН, ИИММ КНЦ РАН, ГоИ КНЦ РАН (г. Апатиты)), 2 университета (КазНИТУ (г. Алматы), Ляонинский технический университет (г. Фусинь), 7 предприятий (АО «Апатит», АО «МГРЭ», АО «Вист Групп», ООО «ИЗ-КАРТЭКС», АО «Кронштадт Технологии», АО «Гипроруда», ООО «НТЦ Горное дело»).

Заслушано 57 докладов, из них 8 пленарных.

В пленарных докладах были рассмотрены актуальные проблемы применения информационных технологий в реализации экологической стратегии развития горнодобывающей отрасли, проблемы и задачи создания и применения программных средств для повышения эффективности и безопасности горных работ при разработке месторождений Кольского п-ова, Урала, Дальнего Востока, а также вопросы применения информационных технологий для геомеханического сопровождения горных работ.

На секции «Информационные технологии и компьютерное моделирование объектов и процессов горного производства для повышения эффективности и экологической безопасности освоения месторождений твердых ископаемых» заслушано 13 докладов, в которых отражены основные результаты создания и применения компьютерных технологий при решении задач проектирования, планирования и сопровождения открытых и подземных горных работ. Представленные программные продукты проходили проверку на различных горных предприятиях, что позволяет учесть специфику обработки различных типов месторождений.

На секции «Информационные технологии в геомеханическом обеспечении горных работ» заслушано 16 докладов. Ее основной тематикой стало обсуждение возможностей применения информационных технологий для решения геомеханических проблем при ведении горных работ на карьерах и подземных рудниках на больших глубинах, моделирования геомеханических процессов при разработке месторождений. Были представлены доклады о применении информационных технологий в задачах геомеханического мониторинга горнодобывающих объектов и современных методов анализа результатов мониторинга, а также создания баз данных натуральных и лабораторных экспериментов для получения надежной информации о состоянии массива горных пород.

На секции «Информационные технологии для решения задач повышения полноты и комплексности извлечения полезных компонентов при переработке рудного и техногенного минерального сырья» заслушано 11 докладов. По результатам обсуждения докладов и дискуссии участниками секции отмечен высокий интерес к вопросам использования IT-технологий в вопросах обогащения.

Моделирование обогатительных аппаратов, постановка вычислительных экспериментов с использованием разработанных моделей позволяют проводить прогнозную оценку технологических показателей обогащения при совершенствовании оборудования или изменении параметров процесса. Отмечено большое практическое значение применения информационных технологий в процессах рудоподготовки и предконцентрации.

Теоретический интерес представляют работы по использованию квантово-химических расчетов с целью оценки свойств флотореагентов и для изучения структурных свойств частиц наноразмерного ряда.

На секции «Информационные технологии и компьютерное моделирование в решении экологических проблем горной отрасли» заслушано 9 докладов.

Отмечено, что развитие информационных технологий дает новый импульс исследованиям в результате получения новых знаний моделированием объектов, процессов горного производства и геэкотехнологий на основе выявления закономерностей и построения различного рода прогнозов для обеспечения промышленной и экологической безопасности при разработке технологических решений. Возрастает значение вычислительного эксперимента как для исследования процессов добычи и переработки минерального сырья, так и в решении экологических проблем горной отрасли.

Значительная часть представленных в докладах результатов была получена на основе использования технологий дистанционного зондирования Земли и геоинформационных систем, что выводит проводимые исследования на современный уровень. Получены новые знания, и предложены новые подходы к решению экологических проблем горной отрасли, в частности, по восстановлению природных экосистем, к оценке техногенного воздействия горнопромышленных предприятий на природную среду, что является необходимым условием дальнейшего повышения экологической и промышленной безопасности отрасли.

На заседаниях секций отмечен высокий уровень представленных в докладах результатов фундаментальных исследований, ориентированных на применение информационных технологий в горном деле и повышение экологической безопасности отрасли.

По итогам работы конференция отмечает, что усложнение условий ведения горных работ, снижение качества руд, необходимость повышения промышленной и экологической безопасности и ряд других негативных тенденций повышают роль компьютерных технологий при решении задач горного производства. Появляются новые специализированные и комплексные программные продукты, находящие все более широкое применение

в исследовательских, проектных организациях и на горных предприятиях России. Существует объективная необходимость в обмене опытом, улучшении координации работ по созданию программных средств и применению информационных технологий при проектировании и планировании горных работ, их геомеханическом обеспечении, при решении задач повышения полноты и комплексности извлечения полезных компонентов, при решении экологических проблем горной отрасли.

Внедрение информационных технологий в горной промышленности стало насущной необходимостью, пришло понимание того, что цифровые технологии стали приносить реальные преимущества. Появляется видение того, как цифровые технологии позволяют повысить эффективность горного производства за счет использования существенно большего объема данных о ресурсах (минеральных, оборудования, трудовых), мониторинга техногенных и природных процессов, анализа и совершенствования проектных и управленческих решений. Тем не менее, цифровизация пока еще не является приоритетом для большинства горных компаний не только в России, но и в мире.

Конференция считает необходимым:

1. Продолжить совместные исследования между научно-исследовательскими институтами горного профиля, проектными организациями, вузами и горными предприятиями, направленные на создание, развитие и применение программных средств и информационных технологий с целью повышения промышленной и экологической безопасности горной отрасли.

2. Активизировать усилия Горного института по созданию программной платформы для реализации возможности создания на ее основе прикладных программных комплексов, направленных на автоматизацию решения задач горной технологии.

3. Активизировать работу по использованию современных достижений в области информационных технологий для создания программных продуктов и комплексов, обеспечивающих переход на малолюдные, ресурсосберегающие технологии добычи и обогащения минерального сырья.

4. Объединить усилия специалистов — геомехаников, технологов и информатиков — для создания комплексной самообучающейся системы прогноза удароопасности, включающей в себя все влияющие факторы с возможностью их анализа в едином информационном пространстве и ранжирования в зависимости от степени влияния.

5. Для актуализации данных о геоэкологических и геодинамических процессах техногенных ландшафтов горнопромышленных районов более широко использовать в проводимых исследованиях данные дистанционного зондирования Земли.

6. Обратит внимание на потенциал информационных технологий с точки зрения оценки рисков, связанных с неопределенностью природных и экономических факторов. Привлекать для решения подобных задач методы обработки больших объемов данных, облачные технологии и машинное обучение.

7. Определить понятие цифрового предприятия как комплекс аппаратных, программных и организационных решений по обеспечению автоматизированного процесса управления производственным циклом предприятия и считать задачу создания цифрового предприятия целевой при проектировании новых и модернизации существующих объектов горнодобывающей промышленности.

8. Издать труды конференции в IV квартале 2017 г. Разместить на сайте ГоИ КНЦ РАН информацию о результатах конференции.

9. Сохранить и развивать формат проведения телеконференций на основе глобальной сети Интернет.

10. Продолжить практику проведения конференций с подобной тематикой как в Горном институте, так и в других академических организациях и учебных заведениях.

**Международная научно-практическая конференция
«Уникальные геологические объекты Кольского полуострова»
Геологический институт КНЦ РАН, 1–3 сентября 2017 г.**

В ходе международного проекта «ABC heritage — Arctic Biological, Cultural and Geological Heritage» (2012–2015) совместно с Геологической службой Финляндии ГИ КНЦ РАН разработал кольцевой геотуристический маршрут «Varents Tour» с соответствующим путеводителем, освещающим самые привлекательные с точки зрения геологии, минералогии, географии и биоразнообразия приграничные объекты России, Финляндии и Норвегии.

Завершая сотрудничество в рамках проекта, стороны условились в ближайшем будущем протестировать его. Пилотная экскурсия «Varents Tour» собрала беспрецедентное количество заявок, которые, в силу технических возможностей автотранспорта, пришлось сократить до 53. Участниками экскурсии стали члены Геологического общества Финляндии — по совместительству ведущие геологи страны и молодые ученые.

Программой визита иностранных специалистов на территории России было предусмотрено посещение Хибинского щелочного массива, Терского берега, Мончегорского и Печенгского районов.

На 1 сентября 2017 г. было запланировано два опциональных геотуристических маршрута в Хибины, представленных в буклете «Varents Tour», — «Молибденитовый рудник» и «Тингуаитовые дайки». В ходе маршрута зарубежных специалистов ознакомили с геологией и минералогией района, а также сложной историей его освоения. Штольни пройдены в отвесной стенке одного из цирков плато Тахтарвумчорр. Экскурсантам был продемонстрирован уникальный геологический объект — тингуаитовые дайки, традиционно пользующиеся успехом у зарубежных специалистов.

2 сентября 2017 г. состоялась экскурсия на Терский берег, к мысу Корабль — одному из наиболее посещаемых мест не только туристами, но и геологами. Главная цель геологического маршрута — месторождение аметистов на мысе Корабль. На западном фланге месторождения зарубежные ученые ознакомились с его характерными ориентирами — скалой «Парус» и «Флюоритовым штокверком».

На 3 сентября 2017 г. было запланировано посещение двух объектов: Мончегорского рудного и Печенгского районов. В ходе экскурсии по Мончегорскому району иностранных геологов ознакомили с историческим Cu-Ni-PGE-месторождением Ниттис-Кумужья-Травяная. Продолжила рабочий день экскурсия в Печенгский район, ее в программу вошел осмотр дорожных выемок вдоль трассы Никель — Заполярный, где можно наблюдать обнажения вулканогенно-осадочных и вулканогенно-плутонических пород с классическими текстурами массивных и подушечных лав, расслоенных лавовых потоков, лавобрекчий, силлов и небольших даек.

Арктика в исследованиях Института экономических проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН: тридцать лет научного поиска: Информационно-справочный обзор деятельности ИЭП КНЦ РАН в области социально-экономических исследований Арктики за 1986–2016 гг. / отв. ред.: к. э. н., доц. Л. А. Рябова, к. э. н., доц. Е. П. Башмакова. — Апатиты: КНЦ РАН, 2017. — 251 с.

Издание посвящено 30-летию Института экономических проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН. Представлен обзор и анализ работы Института экономических проблем им. Г. П. Лузина Кольского научного центра Российской академии наук в области социально-экономических исследований Арктики за период 1986–2016 гг. Обобщены сведения об истории и современной деятельности Института, основных исследовательских работах и достижениях в изучении российской и зарубежной Арктики, о публикациях по арктической тематике, защищенных диссертациях и планах арктических исследований ИЭП КНЦ РАН на ближайшую перспективу.

Геоэкологические проблемы переработки природного и техногенного сырья: сб. науч. тр. / отв. ред.: д. т. н. Д. В. Макаров, к. т. н. О. В. Суворова. — Апатиты: КНЦ РАН, 2017. — 154 с.

Выпуск сборника научных трудов приурочен к 80-летию со дня рождения профессора Виктора Николаевича Макарова (5.09.1937 — 27.08.2004) — известного ученого-геолога, специалиста в области строительного материаловедения и геоэкологии. Материалы, представленные в издании, посвящены изучению актуальных геоэкологических проблем, связанных с переработкой природного сырья и техногенных отходов горно-обогатительных и химических производств, получению строительных и технических материалов.

Книга представляет интерес для научных и инженерно-технических работников, аспирантов и студентов, специализирующихся в области геоэкологии, рационального использования минерального сырья, строительного материаловедения, обогащения полезных ископаемых.

Инновационное промышленное развитие регионов Арктики минерально-сырьевой направленности: монография / Ин-т экон. проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН; науч. ред. В. А. Цукерман. — Апатиты: КНЦ РАН, 2017. — 127 с.

В коллективной монографии рассмотрены теоретико-методологические основы комплексного инновационного промышленного развития ресурсных отраслей экономики Арктики России. Авторами разработаны методологические основы инновационной модернизации ресурсных отраслей производства. Исследован процесс технологической трансформации промышленности регионов Арктики, определено его теоретическое содержание и механизм практической реализации. Предложен методологический подход к оценке уровня технологического развития промышленности арктических регионов России. Авторами выявлены ключевые проблемы в технологическом развитии промышленности регионов Арктики. Сформулированы основные направления модернизации, и разработан алгоритм комплексного подхода к совершенствованию инновационной деятельности. Особое внимание уделено вопросам инфраструктурной поддержки формирования стратегии инновационного развития Арктики.

Монография подготовлена в рамках проекта РФФИ № 15-06-06827 «Научные основы комплексного инновационного промышленного развития регионов Арктики минерально-сырьевой направленности». Также получили отражение вопросы, рассматривающиеся в исследованиях, выполненных по теме НИР № 0234-2014-0001 «Разработка научных основ модернизации промышленного развития Севера и Арктики России» (гл. 6).

Издание рассчитано на широкий круг специалистов, включая научных работников, преподавателей высших и средних специальных учебных заведений, может применяться в

качестве учебного пособия для студентов и аспирантов, в первую очередь экономических специальностей.

Матвеев, В. А. Сернокислотные способы комплексной переработки нефелинсодержащего сырья / В. А. Матвеев, Д. В. Майоров, Ю. О. Веляев, В. И. Захаров. — Апатиты: КНЦ РАН, 2017. — 155 с.: ил.

Работа является частью исследований по кислотной переработке щелочных алюмосиликатов. Рассмотрены состояние вопроса и перспективы комплексной переработки нефелинсодержащего сырья сернокислотными методами.

Изложены физико-химические основы отдельных операций различных вариантов технологии: сернокислотного разложения сырья, разделения суспензий, выделения диоксида кремния, соединений алюминия — квасцов, основных сернокислых солей, гидроксидов алюминия различного назначения, регенерации реагентов и др. Охарактеризованы физико-химические и потребительские свойства получаемых продуктов. Приведены результаты лабораторных, крупнотоннажно-лабораторных и опытно-промышленных испытаний.

Книга предназначена для научных и инженерно-технических работников, аспирантов и студентов, специализирующихся в области химической переработки минерального сырья.

Регионы Севера и Арктики Российской Федерации: современные тенденции и перспективы развития: монография / под науч. ред. д. э. н., проф. Т. П. Скуфьиной, к. э. н. Н. А. Серовой. — Апатиты: КНЦ РАН, 2017. — 171 с.

В коллективной монографии представлены теоретические основы и практические аспекты экономического развития регионов Севера и Арктики. Значительное внимание уделено выделению тенденций и перспектив развития российского Севера и Арктики с позиций реализации государственной политики и управления территориального развития. Рассмотрены вопросы моделирования производственных процессов в регионах Севера и Арктики во взаимосвязи с задачами формирования опорных зон развития в Арктической зоне Российской Федерации. Анализируются основные тенденции и результаты государственной инвестиционной политики с позиций перспектив развития российской Арктики. Выделены современные тенденции развития транспортной системы арктических регионов, а также перспективные направления ее развития с учетом стратегических планов освоения Арктики. Рассматриваются важнейшие аспекты топливно-энергетического и материально-технического снабжения арктических и приарктических регионов России.

Кроме того, представлены результаты научных исследований, выполненных при поддержке гранта РФФИ № 17-12-51003 и Правительства Мурманской обл. «Разработка эконометрических моделей производства валового регионального продукта арктических субъектов для прогнозирования и управления экономикой Арктической зоны Российской Федерации» (гл. 1–2), а также госзадания № 0234-2014-0005 (гл. 3–4).

Издание предназначено для специалистов в области экономики и управления, студентов и преподавателей гуманитарных вузов, может применяться как учебное пособие для аспирантов и студентов специальностей экономического направления.

Храпов, В. Е. Поиск эффективного механизма пространственного инновационного развития машиностроительных предприятий арктического приморского региона: монография / В. Е. Храпов, Т. В. Турчанинова. — Апатиты: КНЦ РАН, 2017. — 135 с.

Исследованы теоретические и практические вопросы инновационного развития региональных бизнес-структур по повышению их конкурентоспособности. Предложены экономические механизмы пространственного взаимодействия предприятий приоритетных отраслей региональной экономики (горно-металлургической, топливно-энергетической, горно-химической, морехозяйственной и т. д.), использующих региональный потенциал, с инфраструктурными машиностроительными предприятиями региона, обслуживающими их. Изучен зарубежный и отечественный опыт использования экономических механизмов инновационного развития региональных машиностроительных предприятий в качестве элемента производственной системы региональной экономики.

По результатам исследования авторами предложены концептуальные варианты стратегического, инновационного развития предприятий машиностроения Мурманской обл. Предложенные варианты эффективного экономического механизма пространственного взаимодействия предприятий приоритетных отраслей региональной экономики и инфраструктурных региональных предприятий, обслуживающих их, могут быть использованы органами власти приморских регионов Арктической зоны при формировании собственной стратегии региональной экономики.

Труды Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 3 (8). — 150 с. — (Информационные технологии, вып. 8).

Труды Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 6 (8). — 150 с. — (Прикладная экология Севера, вып. 5).

Труды Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 7 (8). — 150 с. — (Гелиогеофизика, вып. 3).

Труды Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 8 (8). — 150 с. — (Энергетика, вып. 15).

Труды Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 9 (8). — 150 с. — (Гуманитарные исследования, вып. 12).

Север и рынок: формирование экономического порядка: науч.-информ. журн. / Ин-т экон. проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН. — Апатиты: КНЦ РАН. — 2017. — 4 (55). — 213 с.



ПАЧИНА Татьяна Максимовна

д.э.н., главный научный сотрудник отдела формирования финансовой политики северных регионов Института экономических проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН.

В 1975 г. окончила экономический факультет Латвийского государственного университета (г. Рига) по специальности «Планирование промышленности».

В 1975–1989 гг. получила опыт прикладной экономической работы в реальном секторе экономики и органах государственного управления: промышленности и строительстве, городском отделе Госкомстата СССР, городском отделении Стройбанка СССР.

С 1989 г. работает в Институте экономических проблем КНЦ РАН. Знание реальной экономики дало прочную основу для постановки исследований в таких сопряженных и актуальных областях, как управление социально-экономическими системами и построение адекватных им моделей организации финансовых потоков.

Результаты исследований Т. М. Пачиной включены в важнейшие итоги исследований РАН в 1995, 1999, 2002 гг. Основной научный вклад, имеющий прикладное значение:

- аргументирована необходимость создания федеральной системы трансфертной помощи регионам для целей выравнивания условий развития регионов и выделения в ней канала поддержки регионов Крайнего Севера (1992–1994 гг.);
- организован мониторинг механизмов выравнивания финансовых систем регионов, позволивший участвовать в разработке и корректировке законодательных актов по финансовой политике страны, регионов Европейского Севера России и Мурманской обл. (1993–2006 гг.);
- выявлен и описан механизм финансовой зависимости сырьевых регионов от экстерриториальных стратегий сырьевых корпораций (2005–2006 гг.).

С 1995 г. в течение 18 лет исследовательская работа шла параллельно с преподавательской деятельностью. В филиале Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета организовала, а затем и руководила кафедрой бухгалтерского учета, анализа и аудита (1995–2006 гг.). В Санкт-Петербургском государственном инженерно-экономическом университете (г. Санкт-Петербург) — профессор



Юбилеи



Юбилеи

кафедры экономической теории и национальной экономики, член диссертационного совета университета (2006–2013 гг.).

Автор и соавтор более 90 научных работ, в т.ч. 15 монографий. Подготовила 6 кандидатов экономических наук.

Награды и поощрения: Почетная грамота РАН (2005), благодарность губернатора Мурманской области (2005), грамоты и дипломы Президиума КНЦ РАН (1995, 1999, 2002, 2004), грамота ректора (1999).

Поздравляем Татьяну Максимовну с юбилеем и желаем крепкого здоровья, счастья и дальнейших творческих успехов!



ФИЛИППЫЧЕВА Людмила Вадимовна

зав. лабораторией анализа благородных металлов Геологического института.

Работает в Институте КНЦ РАН с 1984 г., после окончания Новосибирского государственного университета.

Прошла путь от инженера до заведующей лабораторией. Руководит работами по анализу благородных металлов по методике экстракционного атомно-абсорбционного определения Au, Pt, Pd, Rh, Ru, Ir, которая была внедрена ею в 1989 г.

Людмила Вадимовна внимательно следит за новыми разработками в области атомно-абсорбционного анализа, поддерживает современный уровень аналитических работ. В лаборатории постоянно проводится контроль по внутренним и международным стандартам, внедрена методика определения золота методом атомной абсорбции с предварительным экстрагированием сульфидами нефти и определения серебра по инструкции № 130-с (атомно-абсорбционное определение серебра в минеральном сырье). Работы по определению содержания благородных металлов в породах и рудах Федоровой тундры и Западно-Панского массива на первых этапах их освоения легли в основу открытия крупнейших в Европе месторождений платиноидов — Федоровотундровского и Киевейского.

Людмилу Вадимовну Филиппычеву характеризует творческая энергия, высокая организованность, умение предвидеть проблемы и вовремя их решать.

Поздравляем Людмилу Вадимовну с юбилеем, желаем ей крепкого здоровья, успехов в делах и благополучия!



ЗАЛКИНД Людмила Олеговна

к. э. н., старший научный сотрудник (с 2003), доцент, в КНЦ РАН работает с 1984 г.

Сфера научных интересов — устойчивое развитие территорий, институциональная экономика, человеческий капитал, урбанизация территорий Севера и Арктики, экономика северных моногородов.

В 1996 г. окончила Санкт-Петербургскую государственную инженерно-экономическую академию. Работая в Институте экономических проблем им. Г. П. Лузина КНЦ РАН с 1990 г., Людмила Олеговна исследовала влияние институционального механизма и структуры инвестиций на региональное развитие, в том числе на российском Севере. Разработала методику комплексной оценки инвестиционного обеспечения территории, которая позволяет определять состояние регионального воспроизводственного процесса. Исследовала жилищную политику, систему государственного управления жилищной сферой, условия принятия инвестиционных решений домохозяйствами в регионах российского Севера.

Руководитель научно-исследовательских проектов «Формирование жилищной политики на Севере России в современных условиях» (РГНФ, 2009); «Жилищный рынок и жилищное строительство: факторы ценообразования и развития на Кольском Севере» (РГНФ, 2015–2016); “Urbanization and the role of housing in the present development process in the Arctic” (Nordic Council of Ministers, Nordregio, 2010–2012).

Принимала участие в проектах: “The Political Economy of Northern Regional Development (POENOR)” (Arctic Council, 2008–2010); «Фундаментальные проблемы пространственного развития Российской Федерации: междисциплинарный синтез» (Программа фундаментальных исследований Президиума РАН, 2009–2010); “Megatrends: Processes and Characteristics” (Government of Greenland, 2010–2011); «Сбалансированность развития экономической структуры и социальной инфраструктуры в городах Мурманской области с монопрофильной и диверсифицированной экономикой» (РГНФ, 2015–2016). Участвовала в разработке комплексных инвестиционных планов модернизации моногородов Мурманской обл. (2010), Стратегии развития Мурманской области (2008).

Людмила Олеговна — признанный эксперт в области инвестиционного анализа, инвестиций в человеческий капитал, жилищной политики на Севере и в Арктике. Является членом редакционной коллегии научных журналов «Жилищные стратегии» (с 2014 г.), «Север и рынок: формирование экономического порядка» (с 2005 г.).



Юбилеи



Юбилеи

Активно участвует в социально-экономическом развитии г. Апатиты. В 2006 г. была членом экспертной группы Научно-технического совета г. Апатиты по проведению оценки проектов предприятий в целях развития научно-технического комплекса г. Апатиты; входила в состав рабочей группы по организации и развитию ТСЖ при администрации г. Апатиты (2004), являлась одним из разработчиков Стратегии обращения с твердыми бытовыми отходами на территории г. Апатиты на период до 2019 г. (2008). Член комиссии г. Апатиты по социально-экономическому развитию (2009–2010), член Общественного совета при Государственной жилищной инспекции Мурманской обл., член Комитета по тарифному регулированию Мурманской обл. Министерства строительства и территориального развития Мурманской обл. (2014–2015), член общественной организации «Кольский центр гендерных исследований» (1996–2005).

Людмила Олеговна входила в состав Ученого совета ИЭП КНЦ РАН с 2007 по 2017 гг., была председателем профкома ИЭП КНЦ РАН с 2004 по 2008 гг., в течение многих лет преподавала в Апатитском филиале СПбГИЭУ.

Отмечена благодарностью (2010) и награждена почетной грамотой (2011) Мурманской областной думы, почетной грамотой КНЦ РАН (2016).

Искренне поздравляем Людмилу Олеговну с юбилеем и желаем крепкого здоровья, открытия новых горизонтов, вдохновения и удачи во всех начинаниях!

80



ВЕТРИН Валерий Романович

к. г.-м. н, ведущий научный сотрудник лаборатории региональной геологии и геофизики Геологического института КНЦ РАН, где работает с 1963 г.

После окончания аспирантуры КФАН СССР в 1968 г. защитил кандидатскую диссертацию по минералогии и геохимии гранитов восточной части Кольского п-ова. В дальнейшем на протяжении многих лет занимался изучением гранитоидов северо-восточной части Балтийского щита.

Валерий Романович отличается огромной творческой энергией, использует последние достижения петрологии, геохронологии, геохимии и изотопного анализа, работает в контакте с российскими и зарубежными коллегами. Главной целью его исследований стала разработка нового направления — петрология глубинных частей земной коры и реконструкция процессов мантийно-корового и внутрикорового взаимодействия. Им впервые получены представительные данные о возрасте, составе и процессах образования палеопротерозойских гранитоидов, а также пород глубинных частей земной коры Балтийского щита, что имеет существенное

значение при интерпретации геофизических данных и геодинамических построениях. Большой вклад он внес в исследования глубинных ксенолитов в породах различного состава.

Валерий Романович Ветрин широко известен и уважаем научным сообществом в России и за рубежом. Результаты исследований он докладывал на многих международных конференциях в России, Финляндии, Норвегии, Японии, Германии, Англии, США. Результаты его работ неоднократно включались в число важнейших достижений РАН. В настоящее время он автор более 260 научных работ, в том числе 15 монографий, более 58 работ опубликованы в журналах, индексируемых Web of Science.

Поздравляем Валерия Романовича с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья, успехов в делах и благополучия.



ЛОКШИН Эфроим Пинхусович

д. т. н., главный научный сотрудник лаборатории химии и технологии редкоземельного сырья Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева КНЦ РАН.

В 1958 г. окончил Ленинградский горный институт им. Г. В. Плеханова. С 1958 по 1961 гг. работал во Всесоюзном алюминево-магниево-институте, с 1961 по 1973 гг. — сотрудник ИХТРЭМС КФАН СССР, в 1970 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, с 1973 г. по 1992 г. работал на Ловозерском горно-обогатительном комбинате, а в 1992 г. был приглашен на работу в институт главным технологом. С 1996 по 2014 гг. возглавлял лабораторию химии и технологии редкоземельного сырья, в 1998 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук «Разработка методов получения высокочистых щелочных металлов и материалов на их основе». С 2015 г. — член Ученого и Диссертационного советов ИХТРЭМС КНЦ РАН, государственный эксперт департамента промышленности.

Эфроим Пинхусович Локшин — ведущий специалист в области химической технологии и металлургии редких элементов, синтеза функциональных материалов. Он обосновал механизм очистки магний-алюминиевого сплава с пониженным содержанием примеси железа и принял участие в организации его промышленного производства, сконструировал оборудование и организовал промышленное производство высокочистых щелочных металлов (натрия, калия, рубидия и цезия), в том числе в микродозированном виде, особо чистых соединений пентаоксида фосфора, ортофосфорной кислоты, гидроксидов



Юбилей



Юбилеи

рубидия и цезия, метафосфатов щелочных металлов и лантаноидов, дигидро- и дидейтерофосфата калия, йодновато-кислого лития, монокристаллов группы KDP повышенной оптической прозрачности и однородности. Предложил технологию химической обработки бадделеит-содержащих продуктов, освоенную на ОАО «Ковдорский ГОК», а также технологии получения соединений титана из сфенового и титаномагнетитового концентратов, извлечения редкоземельных элементов из техногенных отходов и промпродуктов серноокислотной переработки хибинского апатитового концентрата на минеральные удобрения.

По его инициативе в институте проводятся исследования по ряду новых научных направлений. В настоящее время Эфроим Пинхусович успешно разрабатывает научные основы новых перспективных методов извлечения лантаноидов из различного вида минерального и техногенного сырья, методов синтеза сегнетоэлектрических материалов, материалов для химических источников тока, фотокатализаторов и сорбентов, занимается решением экологических проблем (деактивация жидких радиоактивных отходов, очистка стоков от фтора, переработка отходов сложного состава).

Основные результаты его исследований обобщены более чем в 500 научных работах, в том числе в 5 монографиях, им получено 127 авторских свидетельств и патентов. В 2008 г. ему было присвоено почетное звание «Заслуженный изобретатель РФ». Он награжден орденом Дружбы народов, медалями «Ветеран труда», «50 лет Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», «В память 300-летия Санкт-Петербурга», «В честь 60-летия полного освобождения Ленинграда от фашистской блокады», «65 лет Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.» (2010), золотой и серебряной медалями ВДНХ, Почетной грамотой Мурманской областной думы. Его работы отмечены медалями ряда международных выставок.

Эфроима Пинхусовича Локшина отличают высокие профессиональные и организаторские качества, ответственность, высокая работоспособность, он пользуется заслуженным авторитетом и уважением не только коллектива института, но и специалистов научной и производственной сферы страны.

Поздравляем Эфроима Пинхусовича Локшина со славным юбилеем, желаем здоровья, счастья, новых творческих успехов.



ПАНИН Виктор Иванович

к. т. н., ведущий научный сотрудник лаборатории геомеханики Горного института КНЦ РАН, где работает с 1961 г.

Виктор Иванович известный специалист в области геомеханики. С его участием разработаны и совершенствуются методики экспериментальных исследований

свойств и состояния горных пород. Наиболее существенными результатами, полученными под его руководством и при его участии: отраслевая инструкция «МИНГЕО» по прогнозу напряженного состояния пород на всех стадиях геологоразведочного процесса освоения месторождений полезных ископаемых; новые способы и методики определения удароопасности и профилактики горных ударов; основы комплексных систем мониторинга крупных рудных месторождений Северо-Запада России. Эти разработки широко внедрены в практику работы горнодобывающих предприятий: АО «Апатит»; АО «Ловозерский ГОК»; АО «Ковдорский ГОК» и др.

При его непосредственном участии разработана концепция Кольского геодинамического полигона и проводятся исследования по поиску предвестников горнотектонических ударов и техногенных землетрясений в районах крупномасштабных горных работ.

Им предложена и активно развивается с коллегами новая концепция прогноза мощных динамических явлений в массиве пород при выемке полезных ископаемых и подземном строительстве, основанная на общих законах эволюции сложных природно-технических систем.

В. И. Паниным лично или в соавторстве опубликовано свыше 160 научных работ, в том числе 13 монографий, 10 методических руководств, более 20 статей в зарубежной печати, получено 5 авторских свидетельств на изобретения.

Ответственный исполнитель темы НИР лаборатории геомеханики, хоздоговоров и работ по внедрению, выполняет фундаментальные исследования в рамках академических тем, федеральных и региональных программ, грантов РФФИ и РНФ. Результаты его работы регулярно входят в число важнейших достижений Отделения наук о Земле, Российской академии наук.

Награжден медалью «Ветеран труда», Почетной грамотой РАН и Профсоюза работников РАН, знаком «Трудовая слава» III степени, является полным кавалером знака «Горняцкая слава», грамотами института и КНЦ РАН, в том числе Грамотой Президиума РАН.



Юбилеи



Юбилеи

Преподает в Филиале Мурманского арктического государственного университета в г. Апатиты, ведет большую работу по адаптации и повышению квалификации молодых сотрудников лаборатории, передает ей свой опыт, знания и неиссякаемую энергию.

В. И. Панин пользуется заслуженным авторитетом среди коллег в лаборатории и в институте, отличается творческим подходом к работе, жизнелюбием, оптимистичным и доброжелательным отношением к коллегам по работе.

Поздравляем Виктора Ивановича с юбилеем, желаем крепкого здоровья, счастья, бодрости духа и творческого долголетия!



СКУФЬИН Петр Константинович

д. г.-м. н., ведущий научный сотрудник лаборатории геологии и геодинамики Арктики Геологического института КНЦ РАН, работает в Кольском научном центре РАН с 1960 г.

Научные интересы П. К. Скуфьины сконцентрированы в области палеовулканологии, петрографии и геохимии Имандра-Варзугской, Усть-Понойской, Пана-Куолярвинской и других структур. Им внесен большой вклад в исследование вулканитов раннего докембрия, в создание первой палеовулканической карты Печенгского рудного поля, в разработку моделей рудогенеза. Результаты его исследований включены во многие производственные отчеты по Печенгской структуре.

Результаты исследований П. К. Скуфьины опубликованы в 140 научных статьях, обобщены в нескольких крупных монографиях «Геохимия печенгского комплекса» (1974), «Эволюция протерозойского вулканизма восточной части Печенгско-Варзуского пояса» (1985) и др.

Петр Константинович активно участвует в подготовке молодых кадров по геологическому и геоэкологическому направлениям, на протяжении последних лет работает профессором кафедры геологии и полезных ископаемых Апатитского филиала Мурманского государственного технического университета.

Поздравляем Петра Константиновича с юбилеем и желаем ему крепкого здоровья, счастья и дальнейших творческих успехов!



ВОСКОБОЙНИКОВ
Григорий Михайлович

д. б. н., профессор. В Мурманском морском биологическом институте КНЦ РАН с 1985 г.

Григорий Михайлович — известный специалист в области биологии водорослей, морской экологии. Им сформулирована концепция об адаптации, развитии морских

водорослей-макрофитов северных морей, послужившая основой сложившейся вокруг данного направления исследований научной школы. Под его руководством лаборатория альгологии стала ведущим центром по изучению морских растений морей. Проведены уникальные лабораторные и натурные эксперименты, в результате которых детально описаны спорогенез и ранний онтогенез у большой группы доминантных видов макрофитов Баренцева моря, предложен механизм адаптации и регуляции роста у морских водорослей в условиях Арктики, впервые показано, что в онтогенезе макрофитов направленность генеральной жизненной функции определяет изменения в их морфологии, ультраструктуре, химическом составе и особенно ярко проявляется в изменениях фотосинтетической компоненты организма. Полученные результаты многолетних исследований внесли большой вклад в морфологию, физиологию, экологию растений.

Г. М. Воскобойников — участник многих международных проектов в области биогеографии морских водорослей, биотехнологии, был членом оргкомитетов, сопредседателем международных конгрессов, симпозиумов в России и за рубежом. Соавтор трех патентов по биотехнологии гидробионтов, неоднократный лауреат конкурсов по инновационным технологиям, в рамках прикладных работ им была разработана и внедрена технология санитарной аквакультуры — плантация-биофильтр для очистки морской акватории от нефтепродуктов. Данная высокорентабельная технология приобретает особую значимость для Мурманского региона в связи с планируемым строительством предприятий по переработке, перегрузке топлива на Мурманском побережье Баренцева моря, увеличением транспортной нагрузки в прибрежье Мурмана.

Автор более 150 научных работ, в том числе соавтор 4 монографий, 30 научных статей в российских и зарубежных журналах. Под его руководством успешно защищены 6 кандидатских диссертаций, в настоящее время работают 3 аспиранта.

Большое внимание уделяет работе с молодыми учеными. По его инициативе ежегодно проводятся научные конференции молодых ученых, студентов и аспирантов.



Юбилеи



Юбилеи

Успешно совмещая академическую и преподавательскую деятельность, профессор Г. М. Воскобойников читает курсы лекций по клеточной и морской биологии, осуществляет руководство курсовыми и дипломными работами студентов в Мурманском государственном гуманитарном университете и Мурманском государственном техническом университете.

За достижения в научной и научно-организационной деятельности он неоднократно поощрялся почетными грамотами РАН и Минобрнауки РФ, дипломами престижных выставок за разработки.

Поздравляем Григория Михайловича с юбилеем и желаем здоровья, неугасаемой энергии и дальнейших творческих успехов!



КОСТЮК Валентин Иванович

д. с.-х. н., заведующий лабораторией физиологии растений, главный научный сотрудник Полярно-альпийского ботанического сада-института КНЦ РАН, где работает с 1989 г.

Валентин Иванович — специалист в области физиологии растений, агроэкологии, агрохимии и растениеводства. Почти полувековая научная деятельность Валентина Ивановича тесно связана с двумя важнейшими научными учреждениями Кольского Севера — ПОСВИР и ПАБСИ. После успешного окончания Петрозаводского университета основные векторы его научных интересов были заложены в ПОСВИРе. Именно тогда первым и основным объектом его исследований на долгие годы стал картофель. Далее объектами изучения служили образцы овощных культур, одно- и многолетних трав. В результате обобщения обширного экспериментального материала по физиолого-биохимическим и агроэкологическим основам продуктивности сельскохозяйственных культур в экстремальных условиях Валентином Ивановичем разработана концепция системных адаптаций фотосинтетического аппарата растений на Крайнем Севере, сформулированы и обоснованы принципы и методы комплексной оценки агроэкологического потенциала культивируемых растений на Крайнем Севере. Теоретико-прикладные аспекты его работы нашли отражение в ряде основных монографий «Оптимизация агротехники выращивания картофеля в Мурманской области», «Картофель на Кольском Севере», «Краткая энциклопедия северного картофеля», «Экологическая физиология культурных растений на Кольском Севере», «Экология культурных растений на Кольском Севере», «Влияние солнечной активности, инсоляции, температуры воздуха и атмосферных осадков на продуктивность культурных растений в условиях Кольского Севера». С 1989 г. новый этап в научной жизни Валентина Ивановича неразрывно переплетается с судьбой Полярно-альпийского ботанического сада-института КНЦ РАН.

Огромный и многосторонний экспериментальный материал, собранный им в ПОСВИРе, но обобщенный и осмысленный на новом методическом уровне в ПАБСИ, позволил успешно защитить докторскую диссертацию («Агроэкологические основы продуктивности картофеля на Кольском полуострове», 1995). Валентин Иванович изучил эколого-физиологические аспекты продукционного процесса культурных растений и разработал агроэкологические способы управления биопродуктивностью и устойчивостью культурных фитоценозов на северном пределе их культивируемого ареала. Определены и обоснованы оптимальные и допустимые уровни агрохимической нагрузки на фитоценозы в условиях Крайнего Севера с целью поддержания их долголетия, высокой продуктивности и устойчивости.

Большой цикл исследований В. И. Костюка посвящен эколого-физиологической оценке влияния поллютантов на фотосинтетический аппарат и продуктивность культурных и аборигенных растений Крайнего Севера, произрастающих в зонах локального воздействия крупных промышленных предприятий Мурманской обл. (комбината «Североникель», Кольской АЭС, Кандалакшского алюминиевого завода, Апатитской ТЭЦ). Им показано, что фитотоксичность тяжелых металлов эффективно регулируется различными комбинациями основных элементов корневого питания растений.

Особая ценность исследований, проводимых В. И. Костюком, состоит в сочетании теоретической и прикладной сторон, что имеет неопценное значение для развития растениеводства в Заполярье.

Валентин Иванович прекрасно владеет методами системного анализа и математической статистики для обработки результатов биологических исследований. Свой богатейший опыт в этом направлении он охотно передает студентам и аспирантам, а также всем заинтересованным сотрудникам Полярно-альпийского ботанического сада. Валентин Иванович — бессменный член ученого совета института, автор более 200 печатных научных работ, в том числе 10 монографий (4 из них в соавторстве).

В. И. Костюк активно занимается преподавательской деятельностью: с 2000 г. читал курсы лекций на кафедре геоэкологии АФ МГТУ, с 2005 г. — на кафедре экологии биологического факультета КФ ПетрГУ. Постоянно принимал участие в работе экзаменационных комиссий по защите дипломных проектов на кафедре экологии КФ ПетрГУ. В настоящее время продолжает читать лекции аспирантам ПАБСИ.

В коллективе зарекомендовал себя как принципиальный, честный сотрудник с активной жизненной позицией. Его эрудиция, глубокие знания, убедительность, творческий подход к обязанностям и справедливое отношение к окружающим снискали заслуженное уважение коллег.

Награжден почетными грамотами РАН и губернатора Мурманской области.



З. Обляры



Юбилеи

Поздравляем Валентина Ивановича с юбилеем и желаем здоровья, неугасаемой энергии и дальнейших творческих успехов!

65



КАЛАШНИК Анатолий Ильич

к. т. н., заведующий лабораторией геофлюидомеханики Горного института КНЦ РАН, где работает с 1979 г.

В 1979 г. окончил с отличием Ленинградский горный институт им. Г. В. Плеханова по специальности «Маркшейдерское дело». Специалист в области геомеханики, геомониторинга, физических процессов горного/нефтегазового производства, информационных технологий и систем. Исследовал и выполнил геомеханическое обоснование разработки свиты рудных пластов в тектонически напряженном скальном массиве (1979–1989), на основе чего в 1987 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. В 1990 г. присвоено звание старшего научного сотрудника.

В последние годы в круг научных интересов А. И. Калашника вошло исследование взаимосвязи геомеханических и флюидодинамических процессов в природно-технических системах, что, в свою очередь, инициировало создание в Горном институте научно-исследовательской лаборатории и развитие соответствующего научного направления (2008). Им также были начаты исследования инженерно-экологических и геодинамических проблем освоения и транспортировки углеводородного сырья в евро-арктических условиях, которые включены в Программу № 1 ОНЗ РАН (2004–2017). Фундаментальные исследования, проводимые с активным участием А. И. Калашника, были поддержаны 21 грантом РФФИ (1998–2017), в 6 из которых он являлся научным руководителем.

Анатолий Ильич — научный руководитель работ по мониторингу и научному обеспечению промышленной и экологической безопасности гидротехнических сооружений АО «Кольская ГМК» (2014–2018), АО «Ковдорский ГОК» (2012–2017), АО «Олений ручей» СЗФК (2011–2015), АО ОЛКОН (2017), АО «Апатит» (2016–2017), на основе соответствующих контрактов с предприятиями.

Автор и соавтор ряда методических и инструктивных документов по обеспечению безопасной отработки уникальных редкометалльных месторождений в удароопасных условиях (1982–2002).

Был ответственным исполнителем нескольких проектов по сохранению природных систем и окружающей среды Мурманской обл. (1987–2005), в т. ч. международных: Программа ООН по устойчивому развитию Мурманской области (1997), проект Европейской комиссии «Управление качеством окружающей среды на Кольском полуострове» (2004–2006) и др. Принимал активное участие в разработке «Концепции стабилизации и развития горнопромышленного комплекса Мурманской области» (1997) и «Стратегии экономического развития Мурманской области на период до 2015 года» (2001). Ответственный разработчик «Кадастра отходов горно-металлургического производства Мурманской области» (1998–2000).

Лично и в соавторстве опубликовал более 175 работ, индексируемых в Scopus, Web of Sciences, РИНЦ и других базах публикаций. Имеет индекс Хирша 14 и входит в топ-100 цитируемых ученых РФ в области горного дела.

С 1995 по 2015 гг. вел преподавательскую деятельность: в филиале Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета, г. Апатиты (1995–2005 гг., с 2002 по 2005 гг. — заведующий кафедрой информационных систем в экономике); в Кольском филиале Петрозаводского государственного университета (2005–2015). Входил в состав государственных (экзаменационной и аттестационной) комиссий этих университетов. Под его непосредственным руководством подготовлено 23 магистра. В настоящее время является научным руководителем 4 аспирантов.

Анатолий Ильич — член ученого совета Горного института (с 1987 г.), эксперт РФФИ (с 2002 г., с 2005 по 2009 гг. — входил в экспертный совет ОНЗ РФФИ), член-корреспондент Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ) (1995).

Награжден почетными знаками «Горняцкая слава» I–III степеней, «Шахтерская слава» III степени, медалью «К 70-летию Дня шахтера», медалями ВДНХ. Неоднократно поощрялся грамотами и дипломами Президиума РАН, Президиума КНЦ РАН, Горного института КНЦ РАН, Мурманской областной думы и главы г. Апатиты.

Поздравляем Анатолия Ильича с юбилеем и желаем здоровья, неугасаемой энергии и дальнейших творческих успехов!



Юбилеи



Юбилеи



СУББОТИН Виктор Владимирович

к. г.-м. н., старший научный сотрудник лаборатории платинометалльного рудогенеза Геологического института КНЦ РАН. Виктор Владимирович начал научную деятельность в Геологическом институте в 1975 г. после окончания Ленинградского горного института

в качестве стажера-исследователя.

Темой стажировки были исследования по структурам железорудных месторождений, связанных с массивами ультраосновных-щелочных пород. Позднее по этому направлению В. В. Субботину был поручен самостоятельный раздел в крупной научно-исследовательской программе. В 1983 г. он поступил в аспирантуру Кольского научного центра и под научным руководством члена-корреспондента Г. И. Горбунова начал разрабатывать тему «Геологическая структура и стадии формирования апатитомагнетитового месторождения Себлявр».

Позднее Виктор Владимирович увлекся минералогией сульфидов и других минералов карбонатитовых комплексов и технологической минералогией. Им выполнен ряд сложных технологических исследований, связанных с извлечением редкометалльных минералов из комплексных руд в карбонатитовых массивах.

В 1998 г. защитил кандидатскую диссертацию «Минералогия циркония и ниобия в породах карбонатитовой серии щелочно-ультраосновных массивов Кольского полуострова». Многолетние целенаправленные исследования карбонатитов сделали В. В. Субботина высококлассным специалистом по минералогии этих комплексов и привели к открытию с его участием 11 новых для Кольского п-ова минералов и 4 новых минеральных видов.

Основные направления научной деятельности: минералогия элементов платиновой группы, геология, поиски и оценка комплексного платинопалладиевого оруденения в расслоенных интрузиях Кольской платинометалльной провинции. С его участием обнаружен ряд рудных платинометалльных объектов малосульфидного типа в расслоенном массиве Федорово-Панских тундр. Награжден нагрудным знаком «Отличник разведки недр». Автор более 70 публикаций.

Поздравляем Виктора Владимировича с круглой датой и желаем ему крепкого здоровья, счастья и дальнейших творческих успехов.

50



СЕЛИВАНОВ Василий Николаевич

к. т. н., заместитель директора Центра физико-технических проблем энергетики Севера (ЦФТПЭС) КНЦ РАН по научной работе. В Кольском научном центре РАН — с 1994 г.

В 1994 г. окончил Ленинградский политехнический институт им. М. И. Калинина. В ЦФТПЭС КНЦ РАН прошел путь от стажера-

исследователя до заместителя директора по научной работе. В 2004 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. С 1998 по 2013 гг. исполнял обязанности ученого секретаря. Член ученых советов ЦФТПЭС КНЦ РАН и Кольского научного центра РАН.

Проводит исследования в области анализа электромагнитных нестационарных процессов в элементах высоковольтных сетей, надежности эксплуатации электроэнергетического оборудования, электромагнитной совместимости высоковольтных сетей и систем связи. В этих направлениях он был ответственным исполнителем ряда хозяйственно-договорных НИР и разделов госбюджетных тем Центра. При его непосредственном участии и руко-

водстве были выполнены экспериментальные исследования изменения электрических характеристик защитных аппаратов в процессе длительной эксплуатации, разработана аналого-цифровая аппаратура для исследования перенапряжений в подстанционном оборудовании, усовершенствованы методы и алгоритмы расчета этих перенапряжений.

Сферы компетенции В. Н. Селиванова: феррорезонансные явления в электрических сетях; воздействие геомагнитных бурь на энергосистемы России; специальные методы высоковольтных испытаний электротехнического оборудования в условиях действующих подстанций; вопросы электромагнитной совместимости процессорной техники и источников мощных электромагнитных полей действующих подстанций.

Им лично и в соавторстве опубликовано 114 научных трудов, в т. ч. 2 патента, 77 научных статей, 35 тезисов и докладов в материалах конференций. Принимал непосредственное участие в руководстве и выполнении работ, результаты которых отмечены в отчетных докладах Президиума Российской академии наук.

Является членом редакционной коллегии серии «Энергетика» Трудов Кольского научного центра РАН.

Имеет более чем 20-летний стаж преподавательской деятельности в высших учебных заведениях Мурманской обл., руководил подготовкой 70 выпускных квалификационных работ студентов.

Награжден Почетной грамотой РАН и профсоюза работников РАН.

От всей души поздравляем Василия Николаевича с юбилеем, желаем крепкого здоровья, успехов в работе, новых научных достижений!



Юбилеи



КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
184209, Мурманская область, г.Апатиты, ул.Ферсмана, 14

KOLA SCIENCE CENTRE
14, Fersman str., Apatity, Murmansk region, 184209, RUSSIA

