

УДК: 574.24+612:539.16

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА РАБОТНИКОВ ГОРНОРУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ

© 2011 А.А. Мартынова¹, С.В. Пряничников¹, Д.А. Петрашова¹, Т.С. Пекарь¹,
Н.А. Мельник², Н.К. Белишева¹

¹ Кольский научный центр РАН, г. Апатиты

² Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья
им. И.В. Тананаева Кольского НЦ РАН, г. Апатиты

Поступила в редакцию 12.10.2011

Проведена оценка психофизиологического состояния организма работников горнорудного производства, связанного с добычей руды, содержащей примеси природных радионуклидов. Исследования выполнены с использованием приборов неинвазивной диагностики (АМП и Омега-М) и клинического анализа крови. Установлено, что показатели психофизиологического состояния, характеризующие адаптивный потенциал горняков (почти в 2 раза) ниже по сравнению с контролем. Отмечено значительное снижение резервных возможностей организма и напряжение его регуляторных систем. Клинический анализ крови выявил возрастание содержания базофилов в крови у горняков почти в 5 раз по отношению к контролю. Результаты исследования демонстрируют негативные последствия для организма человека облучения смешанными видами ионизирующего излучения природного происхождения.

Ключевые слова: психофизиологическое состояние организма, неинвазивная диагностика, формула крови, горняки, природные радионуклиды

В формировании годовой коллективной дозы населения Мурманской области основными факторами облучения являются природные источники ионизирующего излучения: 73,62% – данные 2000 г., и 82% – данные 2009 г. Основной вклад в формирование мощности дозы гамма-излучения на территории Мурманской области вносят естественные радиоактивные элементы (уран, торий и калий), содержащиеся в горных породах и в случае

выхода последних на поверхность, создающих в этих местах высокий уровень радиоактивности. Так, в окрестностях пос. Умба выявлено несколько сотен локальных повышений концентраций урана и тория с интенсивностью гамма-излучения от 15 до 2100 мкР/час, в Кандалакшском районе обнаружено значительное число локальных гамма-аномалий с интенсивностью от 50 мкР/час до 6000 мкР/час. В Мончегорском и Оленегорском районах выявлено несколько десятков локальных гамма-аномалий с интенсивностью от 25 до 10000 мкР/час. Природные радионуклиды, содержащиеся в горных породах, являются также источником радиоактивного газа радона и его дочерних продуктов, излучающих альфа частицы и обладающих широким токсикологическим профилем [1]. Поэтому в первую очередь токсикологическому воздействию природных источников ионизирующего излучения подвергаются работники горно-обогатительных комбинатов по добыче руды, содержащей примеси естественных радионуклидов [2]. Сенсибилизировать организм к сопутствующим производству вредным примесям могут вариации интенсивности нейтронной компоненты вторичных космических лучей (КЛ) у поверхности Земли [3, 4], а также кооперативное влияние различных факторов физической

Мартынова Алла Александровна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник отдела медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике. E-mail: Martynovaalla@yandex.ru

Пряничников Сергей Васильевич, инженер отдела медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике

Петрашова Дина Александровна, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике. E-mail: petrashova@admksk.apatity.ru

Пекарь Татьяна Сергеевна, старший лаборант отдела медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике

Белишева Наталья Константиновна, доктор биологических наук, член-корреспондент МАНЭБ, руководитель отдела медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике. E-mail: natalybelisheva@mail.ru

Мельник Наталья Александровна, кандидат технических наук, доцент, руководитель региональной лаборатории радиационного контроля. E-mail: melnik@chemy.kolasc.net.ru

и химической природы, обладающих токсическими эффектами и находящихся в окружающей среде [5]. И если генотоксические эффекты воздействия горнорудного производства на цитогенетическом уровне достаточно широко представлены в литературе [6], то результаты комплексной оценки психофизиологического состояния работников горнорудного производства практически в литературе не отражены.

Цель исследования: оценка психофизиологического состояния организма работников горнорудного производства, связанного с добычей и обогащением руды, содержащей примеси природных радионуклидов.

Материалы и методы. Исследование психофизиологического состояния организма проводили на группе горняков в возрасте 25-40 лет, работающих в подземных условиях, связанных с добычей лопаритовой руды, содержащей примеси природных радионуклидов (11 человек) и контрольной выборке испытуемых мужского пола, сопоставимого по возрасту с группами горняков, и не связанной с горнорудным производством (17 чел). Для оценки психофизиологического состояния использовали методы неинвазивной диагностики состояния организма и данные клинического анализа периферической крови испытуемых. Неинвазивная диагностика осуществлялась с применением портативной экспресс-лаборатории «Малыхина-Пулавского» (АМП) и программно-аппаратного комплекса «Омега-М». Портативный прибор «АМП» позволяет провести комплексную оценку организма с позиции его функционально-метаболической и гемодинамической сбалансированности, водного обмена и газового гомеостаза, взаимосвязанных с ферментативной и иммунной системами [7]. С применением комплекса ОМЕГА-М нами были оценены: вариабельность сердечного ритма, уровень адаптации, вегетативной и центральной регуляции, психоэмоциональное состояние. В скрининг-диагностике функционального состояния в соответствии с программным обеспечением учитывается нейрогуморальная, вегетативная и центральная регуляция на основе методов статистического, временного и спектрального анализа ритмов сердца, нейродинамического анализа биологических ритмов организма, методов фазового анализа и картирования биоритмов мозга. В качестве дополнительного показателя физиологического состояния организма была использована лейкоцитарная формула крови испытуемых как чувствительный индикатор функционального состояния организма.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований с применением прибора АМП показали, что у 98% горняков наблюдалось снижение такого показателя как дофамин- β -гидролазы, содержание которой в группе горняков составило $25,16 \pm 0,65$ (нм/мл/мин), а в контрольной группе $27,34 \pm 0,25$ (при норме 28-32,5), уровень значимости различий между двумя группами $p=0,0143$. При снижении уровня дофамин- β -гидролазы развиваются различные виды астенодепрессивных и астеноневротических состояний, что подтвердилось при исследовании психо-эмоционального состояния горняков и контрольной группы с применением прибора «Омега-М». В группе горняков уровень психо-эмоционального состояния оказался почти в 2 раза ниже (37%), чем должно быть на нижней границе нормы (60%), и, соответственно, ниже, чем в контрольной группе (66%) (см. рис. 1). Отчасти это подтверждается и более высоким содержанием ацетилхолина в группе горняков $79,4 \pm 1,0$ (мкг/мл) по сравнению с контрольной группой $76,4 \pm 1,7$, хотя уровень различий достоверности не достигает 95% ($p=0,12$). В таблице 1 приведены значения физиологических показателей в контрольной группе испытуемых и у горняков. И хотя уровень значимости различий между отдельными показателями не достигает $p < 0,05$, тем не менее можно видеть, что механизмы регуляции и поддержания гомеостаза функционального состояния организма в группе горняков достаточно напряжены и, в некоторых случаях, выходят за пределы нормы. В частности, у горняков повышено содержание CO_2 в артериальной и венозной крови, ниже средних значений нормы сократительная функция миокарда левого желудочка сердца, увеличена ширина третьего желудочка головного мозга, существенно превышает норму давление спинномозговой жидкости, возрастает работа сердца и почти в 2 раза по сравнению с контрольной группой увеличена расходуемая мощность жизнеобеспечения.

Следует отметить, что и в контрольной группе отдельные показатели находятся за пределами нормы. В частности, это касается повышенного содержания CO_2 в венозной крови, снижения сократительной способности миокарда, увеличенной работы сердца и расходуемой мощности жизнеобеспечения. Напряжение механизмов жизнеобеспечения, как в контрольной группе, так и у горняков в значительной мере связаны с арктическими условиями проживания, характеризующихся экстремальным и комплексным воздействием на организм геофизических и климатогеографических

агентов, присущих высоким широтам [4, 8]. И совершенно очевидно, что механизмы поддержания гомеостаза у горняков испытывают еще большую нагрузку, чем в контрольной группе,

несмотря на то, что и в контрольной группе функциональные показатели свидетельствуют о напряжении механизмов жизнеобеспечения.

Таблица 1. Сравнение значений физиологических показателей состояния организма в контрольной группе и у горняков

Показатели физиологического состояния	контроль	горняки	Средние показатели нормы	p
	M± m			
суммарное содержание CO ₂ в артериальной крови, %	46,2±2,2	57,3±7,1	32,5-46,6	p=0,24
содержание CO ₂ в венозной крови, %	63,1±0,5	66,4±1,8	51,0-53,0	p=0,16
скорость продукции CO ₂ мл/мин	206,5±13,5	235,5±13,4	150-340	p=0,16
кровоток миокарда, %	4,6±0,1	4,3±0,1	4,32-5,02	p=0,08
ацетилхолин, мкг/мл	76,4±1,7	79,4±1,0	81,1-92,1	p=0,12
сокращение миокарда левого желудочка сердца, %	53,0±1,5	49,6±2,3	60-85	p=0,21
сопротивление малого круга кровообращения, дин/см*сек	143,3±0,4	146,3±1,3	140-150	p=0,08
ширина третьего желудочка головного мозга, мм	6,3±0,2	8,0±0,8	4-6	p=0,13
давление спинно-мозговой жидкости, мм.вод.ст.	132,4±7,0	199,2±26,9	90-145	p=0,06
работа сердца, Дж	0,9±0,1	1,1±0,1	0,692-0,788	p=0,12
расходуемая мощность жизнеобеспечения, ккал/кг/мин	4,6±0,7	8,9±1,1	1,23-4,3	p=0,01
мозговой кровоток на 100 г ткани, мл/100г	52,0±0,3	50,0±0,3	50-55	p=0,0006

Дополнительная информация о степени сбалансированности функций организма в контрольной группе и у горняков была получена с применением прибора ОМЕГА-М (рис. 1). На рис. 1 можно видеть, что значение психофизиологических показателей, отражающих степень функциональной сбалансированности процессов регуляции состояния организма в контрольной группе находятся на уровне нормальных значений (60-100%). В группе горняков эти показатели существенно снижены, что подтверждает результаты, полученные при измерении функционального состояния организма с применением прибора АМП. Снижение трофических процессов, в том числе и медиатора парасимпатической нервной системы – ацетилхолина, по сравнению с нормой (таблица 1), свидетельствует о снижении резервных возможностей организма и напряжении его регуляторных систем, как в контрольной группе, так и у горняков. Однако в контрольной группе интегральный уровень адаптации организма оказался значительно выше (рис. 1), чем у горняков, что говорит о еще не растроченных резервах регуляторных механизмов. Оценка индекса напряженности (ИН) показала, что у 40% горняков наблюдается превышение значений ИН (>500), указывающих на некротические процессы в миокарде с вытекающими отсюда неблагоприятными последствиями.

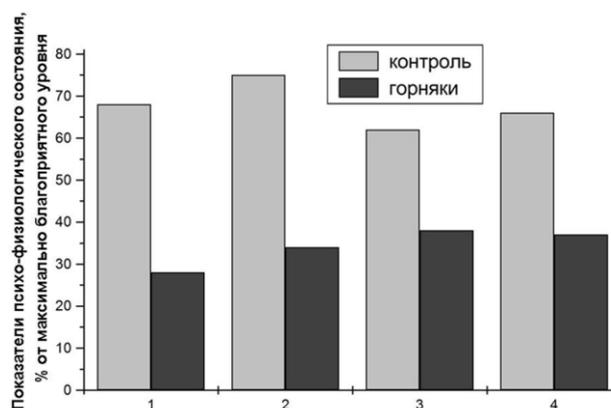


Рис. 1. Показатели психофизиологического состояния, отражающие функциональную сбалансированность процессов регуляции состояния организма в контрольной группе (серые столбцы) и у горняков (темно-серые столбцы): 1 – интегральный уровень адаптации организма; 2 – показатель вегетативной регуляции; 3 – показатель центральной регуляции; 4 – психоэмоциональное состояние

Анализ лейкоцитов крови в контрольной группе и у горняков выявил дополнительный маркер в формуле белой крови, отличающий функциональное состояние горняков от контрольной группы (таблица 2). В таблице 2 видно,

что содержание базофилов в периферической крови горняков почти в 5 раз выше, чем в контрольной группе. Известно, что главная функция базофилов заключается в реакциях гиперчувствительности немедленного типа, а также в реакциях гиперчувствительности замедленного типа через лимфоциты, в воспалительных, аллергических реакциях, в регуляции проницаемости сосудистой стенки. Возрастное содержание базофилов в крови является неблагоприятным признаком и, вероятно, вызвано раздражающим воздействием на организм горняков смешанных видов ионизирующего

излучения природного происхождения. Аналогичное возрастание в содержании базофилов ($1,0 \pm 0,2$) мы обнаружили также у контингента, подвергающегося хроническому облучению в сфере профессиональной деятельности, причем значимых различий между группой горняков и хронически облучаемым контингентом не было выявлено ($p=0,54$). В то же время, как у горняков, так и у хронически облучаемого контингента [9] мы нашли значимые различия с контрольными группами, у которых анализ проводили в разные годы (2008, 2011).

Таблица 2. Содержание лейкоцитов в периферической крови у горняков и в контрольной группе

Лейкоциты крови, %	контроль	горняки	норма, %	p
палочкоядерные нейтрофилы	2,57±0,57	3,00±0,59	1-	p=0,63
сегментоядерные нейтрофилы	47,71±4,65	41,36±2,82	47-72	p=0,23
эозинофилы	2,28±1,36	2,36±0,45	1-5	p=0,95
базофилы	0,28±0,18	1,36±0,34	0-1	p=0,03
лимфоциты	38,86±4,17	41,90±3,12	19-37	p=0,5
моноциты	8,14±0,70	10,00±0,74	3-11	p=0,1

Выводы: комплексный анализ психофизиологического состояния организма горняков в высоких широтах показал, что горнорудное производство, связанное с подземной добычей руды, содержащей примеси природных радионуклидов, существенно влияет на функциональное состояние организма, снижая его адаптационный потенциал и предрасполагая к патологии.

Работа поддержана грантом РФФИ и Администрацией Мурманской области, проект № 10-04-98809-р_север_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Toxicological profile for radon. Agency for Toxic Substances and Disease Registry U.S. Public Health Service In collaboration with: U.S. Environmental Protection Agency December 1990. <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/i/fulltext/toxprofiles/radon.pdf>
2. Zolzer, F. Enhanced frequency of micronuclei in lymphocytes from current as opposed to former uranium miners / F. Zolzer, S.Z. Freitinger, R. Havranek et al. // J. Appl. Biomed. 2011. Vol. 9. P. 151-156.
3. Belisheva, N.K. Cooperative influence of geocosmic agents on human organism. In: Physics of Auroral Phenomena. Eds. I.V. Golovchanskaya, N.V. Semenova / N.K. Belisheva, I.V. Kalashnikova, E.N. Chebotareva et al. – Apatity, 2007. P. 221-224.
4. Белышева, Н.К. Кооперативное воздействие вариаций геомагнитного поля и космических лучей на состояние сердечно-сосудистой системы человека на Севере. Коллективная монография «Проблемы адаптации человека к экологическим и социальным условиям Севера». Отв. ред. Е.Р. Бойко. – Сыктывкар – СПб: Политехника-сервис, 2009. С. 48-57.
5. Manti, L. Cooperative biological effects between ionizing radiation and other physical and chemical agents / L. Manti, A. D'Arco // Mutation Research. 2010, Vol. 704. P. 115-122/
6. Abo-Elmagd, M. Cytogenetic effects of radon inhalation / M. Abo-Elmagd, M.M. Daif, H.M. Eissa // Radiation Measurements. 2008. Vol. 43. P. 1265-1269.
7. Мартынова, А.А. Опыт применения и проблемы использования прибора АМП для неинвазивной экспресс-диагностики физиологического состояния организма / А.А. Мартынова, И.В. Калашикова, Т.Б. Новикова // Сб. трудов первой международной научно-практической конференции «Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования в физиологии и медицине», 23-26.11.2010, Санкт-Петербург. – СПб: Изд-во Политехнического университета, 2010. Т. 3. С. 131-133.
8. Сороко, С.И. Нейрофизиологические механизмы индивидуальной адаптации человека в Антарктиде. – Л.: Наука, 1985. 119 с.
9. Мельник, Н.А. Модуляция эффектов хронического облучения кратковременным воздействием ионизирующей радиации и вариациями космических лучей / Н.А. Мельник, Н.К. Белышева, Э.В. Васьенюк // Материалы докладов. Международная конференция «Биологические эффекты малых доз ионизирующей радиации и радиоактивное загрязнение среды». К 50-летию радиологических исследований в республике Коми. – Сыктывкар, 28 сентября - 1 октября 2009. С. 77-80.

ORGANISM PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE AT MINERS, WORKING IN HIGH LATITUDES

© 2011 A.A. Martynova¹, S.V. Pryanichnikov¹, D.A. Petrashova¹, T.S. Pekar¹,
N.A. Melnik², N.K. Belisheva¹

¹ Kola Scientific Center RAS, Apatity

² Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials
named after I.V. Tananaev Kola SC RAS, Apatity

The estimation of organism psychophysiological state at miners, connected with extraction of ore, containing impurity of natural radionuclides is spent. Researches are executed with use of devices of noninvasive diagnostics (AMP and Omega-M) and clinical analysis of blood. It is established that the indicators of psychophysiological state, characterizing adaptive potential of miners (almost in 2 times) more low in comparison with control. The considerable decrease in reserve possibilities of organism and pressure of its regulatory systems is noted. Blood clinical analysis revealed increase of basophiles maintenance in blood at miners almost in 5 times in relation to control. Results of research show negative consequences for human organism the irradiation of mixed kinds of natural ionizing radiation.

Key words: psychophysiological state of organism, noninvasive diagnostics, blood formula, miners, natural radionuclides

Alla Martynova, Candidate of Biology, Minor Research Fellow at the Department of Medical-biological Problems of Human Adaptation in Arctic. E-mail: Martynovaalla@yandex.ru

Sergey Pryanichnikov, Engineer at the Department of Medical-biological Problems of Human Adaptation in Arctic

Dina Petrashova, Candidate of Biology, Research Fellow at the Department of Medical-biological Problems of Human Adaptation in Arctic. E-mail: petrashova@admksk.apatity.ru

Tatiana Pekar, Senior Laboratorian at the Department of Medical-biological Problems of Human Adaptation in Arctic

Nataliya Belisheva, Doctor of Biology, Corresponding Member of IAELPS, Head of the Department of Medical-biological Problems of Human Adaptation in Arctic. E-mail: natalybelisheva@mail.ru

Nataliya Melnik, Candidate of Technical Sciences, Chief of the Accredited Regional Laboratory of Radiating Control. E-mail: melnik@chemy.kolasc.net.ru