

Медицина труда и экология человека

№1/2023

**Сетевое издание
ISSN 2411 - 3794**



12+

uniimtech.ru

Учредитель

Федеральное бюджетное учреждение науки

«Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»

Главный редактор – А.Б. Бакиров, д.м.н., проф., академик АН РБ – советник директора ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»

Зам. главного редактора – Г.Г. Гимранова, д.м.н.

Редакционный совет:

Ананьев В.Ю., к.м.н. (Россия, Москва),
Богданова Н.В., Ph.D. (Германия, Ганновер),
Бухтияров И.В., д.м.н., проф., академик РАН (Россия, Москва),
Горбанев С.А., д.м.н. (Россия, Санкт-Петербург),
Зайцева Н.В., д.м.н., академик РАН (Россия, Пермь),
Зеленко А.В., к.м.н. (Белоруссия, Минск),
Косяченко Г.Е., д.м.н. (Белоруссия, Минск),
Кузьмина Л.П., д.б.н. (Россия, Москва),
Май И.В., д.б.н., проф. (Россия, Пермь),
Муштафина И.З., к.м.н. (Россия, Москва),
Перов С.Ю., д.б.н. (Россия, Москва),
Попова А.Ю., д.м.н., проф. (Россия, Москва),
Потатурко А.В., д.м.н. (Россия, Екатеринбург),
Потеряева Е.Л., д.м.н. (Россия, Новосибирск),

Ракитский В.Н., д.м.н., академик РАН (Россия, Москва),
Рахманин Ю.А., д.м.н., проф., академик РАН (Россия, Москва),
Романович И.К., д.м.н., проф., академик РАН (Россия, Санкт-Петербург),
Рыжов А.Я., д.б.н., проф. (Россия, Тверь),
Сарманаев С.Х., д.м.н., проф. (Россия, Москва),
Семенихин В.А., д.м.н. (Россия, Кемерово),
Спирин В.Ф., д.м.н., проф. (Россия, Саратов),
Сутункова М.П., д.м.н. (Россия, Екатеринбург),
Сычик С.И., к.м.н. (Белоруссия, Минск),
Тютельян В.А., д.м.н., проф., академик РАН (Россия, Москва),
Хамидулина Х.Х., д.м.н., проф. (Россия, Москва),
Хамитов Т.Н., к.м.н. (Казахстан, Караганда),
Хотимченко С.А., д.м.н., проф., член-корр. РАН (Россия, Москва)

Редакционная коллегия:

Бактыбаева З.Б., к.б.н. (Россия, Уфа),
Валеева Э.Т., д.м.н. (Россия, Уфа),
Викторова Т.В., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Гайнуллина М.Г., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Гимаева З.Ф., д.м.н. (Россия, Уфа),
Гильманов А.Ж., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Даукаев Р.А., к.б.н. (Россия, Уфа),
Зулькарнаев Т.Р., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Карамова Л.М., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),

Каримова Л.К., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Масягутова Л.М., д.м.н. (Россия, Уфа),
Мухаметзянов А.М., д.м.н. (Россия, Уфа),
Степанов Е.Г., к.м.н. (Россия, Уфа),
Сулейманов Р.А., д.м.н. (Россия, Уфа),
Терегулова З.С., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Туйгунов М.М., д.м.н., проф. (Россия, Уфа),
Шайхлисламова Э.Р., к.м.н. (Россия, Уфа),
Шарафутдинова Н.Х., д.м.н., проф. (Россия, Уфа)

Редакция:

зав. редакцией – С.М. Батисова
научный редактор – Д.О. Каримов

переводчики – З.Р. Палютина, Г.М. Башарова
корректор – Р.Р. Ахмадиева

Адрес редакции: Российская Федерация, 450106, Республика Башкортостан,
город Уфа, улица Степана Кувыкина, дом 94
Тел.: (347) 255-19-57, факс: (347) 255-56-84

E-mail: journal@uniimtech.ru

Электронная версия журнала — на сайте <http://uniimtech.ru/>

ЗАРЕГИСТРИРОВАН В ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЕ ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ СВЯЗИ, ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ 29.05.2020, НОМЕР СВИДЕТЕЛЬСТВА ЭЛ № ФС77-78392

Журнал входит в Перечень российских рецензируемых научных журналов, которые рекомендованы Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации (ВАК) для публикации результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук

Перепечатка текстов без разрешения редакции запрещена.

При цитировании материалов ссылка на журнал обязательна.

Возрастное ограничение: 12+. Подписано в печать: 15.03.2023.

©ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», 2023

Occupational Health and Human Ecology

№1/2023

ISSN 2411-3794

Founder

Federal State-Funded Institution of Science

Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology

Editor-in-Chief – A.B. Bakirov, M.D., Professor of Medicine, Academician of the Bashkortostan Academy of Sciences – Directors Advisor Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology

Deputy Chief Editor – G.G. Gimranova, M.D.

Editorial Board:

Ananiev V.Yu., Ph.D. (Medicine) (Russia, Moscow),

Bogdanova N.V., Ph.D. (Germany, Hanover),

Bukhtiyarov I.V., M.D., Professor of Medicine, academician of RAS (Russia, Moscow),

Gorbanev S.A., M.D. (Russia, St. Petersburg),

Khamidulina Kh.Kh., M.D., Professor of Medicine (Russia, Moscow),

Khamitov T.N., Ph.D. (Medicine) (Kazakhstan, Karaganda),

Khotimchenko S.A., M.D., Professor of Medicine, Corresponding member of RAS (Russia, Moscow),

Kosyachenko G.E., M.D. (Belarus, Minsk),

Kuzmina L.P., Doctor of Biology (Russia Moscow)

May I.V., Doctor of Biology, Professor (Russia, Perm),

Mustafina I.Z., Ph.D. (Medicine) (Russia, Moscow),

Perov S.Yu., Doctor of Biology (Russia, Moscow)

Popova A.Yu., M.D., Professor of Medicine (Russia, Moscow),

Potaturko A.V., M.D. (Russia, Yekaterinburg)

Poteryaeva E.L., M.D. (Russia, Novosibirsk),

Rakhmanin Yu.A., M.D., Professor of Medicine (Russia, Moscow)

Ryzhov A.Ya., Doctor of Biology, Professor (Russia, Tver),

Rakitsky V.N., M.D., Academician of RAS (Russia, Moscow),

Romanovich I.K., M.D., Professor of Medicine (Russia, St. Petersburg),

Sarmanaev S.Kh., M.D., Professor of Medicine (Russia, Moscow),

Semenikhin V.A., M.D. (Russia, Kemerovo)

Spirin V.F., M.D., Professor of Medicine (Russia, Saratov),

Sutunkova M.P., M.D. (Russia, Yekaterinburg),

Sychik S.I., Ph.D. (Medicine) (Belarus, Minsk),

Tutelian V.A., M.D., Professor of Medicine, acad. of RAS (Russia, Moscow),

Zaitseva N.V., M.D., Academician of RAS (Russia, Perm),

Zelenko A.V., Ph.D. (Medicine) (Belarus, Minsk)

Editorial Council:

Baktybaeva Z.B., Ph.D. (Biology) (Russia, Ufa),

Daukaev R.A., Cand.Sc. (Biology) (Russia, Ufa),

Gainullina M.G., M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),

Gimaeva Z.F., M.D. (Russia, Ufa),

Gilmanov A.Zh., M.D. (Russia, Ufa),

Karamova L.M., M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),

Karimova L.K., M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),

Masyagutova L.M., M.D. (Russia, Ufa),

Mukhametzyanov A.M., D.Sc. (Medicine) (Russia, Ufa)

Shaikhislamova E.R., Ph.D. (Medicine) (Russia, Ufa),

Sharafutdinova N.Kh., M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),

Suleymanov R.A., M.D. (Russia, Ufa),

Stepanov E.G., Ph.D. (Medicine) (Russia, Ufa),

Teregulova Z.R., M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),

Tuigunov M.M., M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),

Valeeva E.T., M.D. (Russia, Ufa),

Viktorova T.V., M.D., Professor of Medicine (Ufa, Russia),

Zulkarnaev T.R., M.D., Professor of Medicine (Russia, Ufa),

Editors:

Managing Editor - Batisova S.M.

Science Editor - Karimov D.O.

Translators – Palyutina Z.R., Basharova G.M.

Proofreader - Akhmadieva R.R.

Editorial office: Russian Federation, 450106, Republic of Bashkortostan, 94, Kuyvina Ul., Ufa.

Phone: (347) 255-19-57, fax: (347) 255-56-84

E-mail: journal@uniimtech.ru

The electronic version of the journal is on the website <http://uniimtech.ru/>

REGISTERED IN THE FEDERAL SERVICE FOR SUPERVISION IN THE FIELD OF COMMUNICATION, INFORMATION TECHNOLOGIES AND MASS COMMUNICATIONS 29.05.2020, CERTIFICATE NUMBER EL No. FS77-78392

The journal is included in the list of peer-reviewed scientific journals and publications recommended by the Higher Attestation Commission of the Russia under the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (HAC) for publishing the main scientific results of a dissertation for the degree of Candidate and Doctor of sciences.

Reprinting of texts without permission of the publisher is prohibited.

When quoting materials reference to the journal is required.

Age restriction: 12+. Signed to print: 15.03.2023.

МЕДИЦИНА ТРУДА

- 6 **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗДОРОВЬЯ ЛИЦ С РАЗЛИЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА ПРИ ВЛИЯНИИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА**
Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Истомин А.В.,
Нарутдинов Д.А., Бахмудов Г.Г., Спирин С.А.
- 19 **СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ СВОБОДНОРАДИКАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ И АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ У РАБОТАЮЩИХ В РАЗНЫХ СФЕРАХ ПРОИЗВОДСТВА**
Умнягина И.А., Блинова Т.В., Страхова Л.А., Трошин В.В., Иванова Ю.В.,
Колесов С.А.
- 35 **КЛИНИКО-РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПНЕВМОКОНИОЗОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**
Гареева Л.Ф., Галлямова С.А., Масягутова Л.М., Ахметшина В.Т., Валеева
Э.Т.

ГИГИЕНА ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

- 49 **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЗДОРОВЛЕНИЯ ДЕТЕЙ, ОТДОХНУВШИХ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД В СТАЦИОНАРНЫХ ЗАГОРОДНЫХ ЛАГЕРЯХ И ОРГАНИЗАЦИЯХ С ДНЕВНЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ**
Зубцовская Н.А., Новикова И.И., Лобкис М.А., Романенко С.П.
- 68 **ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА**
Хусаинов А.Э., Зулкарнаев Т.Р., Поварго Е.А., Мочалкин П.А., Бакиров А.Б.,
Воскресенская Е.К.
- 78 **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВНОГО ОБМЕНА У ШКОЛЬНИКОВ 12-16 ЛЕТ С НОРМАЛЬНОЙ, ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА И ОЖИРЕНИЕМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ**
Новикова И.И., Шевкун И.Г., Гавриш С.М., Шепелева О.А., Сорокина А.В.

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЯ

91

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У РАБОТНИКОВ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА И ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Зайдуллин И.И., Каримова Л.К., Бакиров А.Б., Ларионова Т.К., Бейгул Н.А.,
Галимова Р.Р.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И СОЦИАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

105

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КЛЕЩЕВОГО ВИРУСНОГО ЭНЦЕФАЛИТА В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Мухаметзянов А.М., Кайданек Т.В., Асылгареева Г.М., Курбатов Д.М.

115

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ДИНАМИКА СМЕРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В ПРИВОЛЖСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ В 2019-2021 ГОДАХ

Ильина Л.А., Каримова Л.К., Фагамова А.З., Мулдашева Н.А., Шаповал И.В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

130

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКСПРЕССИИ ГЕНА CASP7 В ПОЧКАХ КРЫС ПРИ ПОДОСТРОМ ВОЗДЕЙСТВИИ АКРИЛАМИДА И НА ФОНЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ

Репина Э.Ф., Каримов Д.О., Бакиров А.Б., Гимадиева А.Р., Валова Я.В.,
Каримов Д.Д., Хуснутдинова Н.Ю., Тимашева Г.В.

139

СОСТОЯНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРООКСИДАНТНОЙ И АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ В КРОВИ КРЫС В ПРОЦЕССЕ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ МНОГОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ОТ СИСТЕМ СОТОВОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТОВ GSM, UMTS И LTE

Перов С.Ю., Белая О.В., Кислякова А.А., Левченков Д.И.

УДК 613.6.02:613.25:612.064

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗДОРОВЬЯ ЛИЦ С РАЗЛИЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА ПРИ ВЛИЯНИИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА

Рахманов Р.С.¹, Богомолова Е.С.¹, Разгулин С.А.¹, Истомин А.В.², Нарутдинов Д.А.¹, Бахмудов Г.Г.¹, Спирин С.А.¹

¹ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, Нижний Новгород, Россия

²ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана», Мытищи, Россия

Ожирение у работников вне зависимости от наличия других факторов риска повышает вероятность развития хронических неинфекционных заболеваний. Цель – оценить здоровье работающих с различной массой тела при влиянии неблагоприятных условий труда. Анализировали здоровье групп мужчин с нормальной (№1, n=14; ИМТ=23,0±0,4 кг/м²) и избыточной (№2, n=13; ИМТ=29,0±0,6 кг/м²) массой тела при вахтовой работе по физическому развитию, функциональным резервам, общим неспецифическим адаптационным реакциям организма (ОНАРО), когнитивным психическим функциям в исходном состоянии и через два месяца. С использованием компьютерной программы оценивали соматическое здоровье, ранжированное по эмпирическому коэффициенту оценки: ниже среднего (0-0,249), средний (0,25-0,499), выше среднего (0,50-0,749), высокий (0,75-1,0). Исходно физическое развитие, когнитивные психические функции лиц группы №1 и №2 статистически не различались; функциональные возможности организма лиц первой группы были выше (0,77±0,05 против 0,53±0,03 балла (p=0,001); ОНАРО в состоянии «повышенная активация» и «переактивация» регистрировались соответственно у 38,5% и 61,5%; уровень соматического здоровья - 0,73±0,03 против 0,63±0,02 балла (p=0,0273). Вредные по степени вредности и опасности условия труда (класс 3.2-3.3) приводили к снижению массы тела в группе №1 у 14,3%, в группе №2 у 46,2%; достоверному снижению показателя адаптационных реакций организма на 6,1% и 7,1% соответственно; повышению ОНАРО в состоянии «повышенная активация» и «переактивация» у 64,5% против 84,6%; снижению когнитивных функций в группе №2 (0,63±0,02 против 0,79±0,01 балла, p=0,001); соматическое здоровье, оцениваемое как «выше среднего» и «высокое», у 78,6% и 54,5% обследованных лиц. Таким образом, избыточная масса тела – фактор риска здоровью при длительных вахтовых работах во вредных условиях труда, обуславливающий проведение мероприятий по коррекции пищевого статуса в предшествующий данному виду работ период.

Ключевые слова: неблагоприятные условия труда, масса тела, показатели здоровья.

Для цитирования: Рахманов Р.С., Богомолова Е.С., Разгулин С.А., Истомин А.В., Нарутдинов Д.А., Бахмудов Г.Г., Спирин С.А. Сравнительный анализ показателей здоровья лиц с различной массой тела при влиянии неблагоприятных условий труда. Медицина труда и экология человека. 2023;6-18

Для корреспонденции: Рахманов Рафаиль Салыхович, профессор кафедры гигиены ФГБОУ ВО «ПИМУ» МЗ РФ, доктор медицинских наук, профессор, e-mail: raf53@mail.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: конфликт интересов отсутствует.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10101>

COMPARATIVE ANALYSIS OF HEALTH INDICATORS OF SUBJECTS WITH DIFFERENT BODY WEIGHT UNDER THE INFLUENCE OF UNFAVORABLE WORKING CONDITIONS

Rakhmanov R.S.¹, Bogomolova E.S.¹, Razgulin S.A.¹, Istomin A.V.², Narutdinov D.A.¹, Bakhmudov G.G.¹, Spirin S.A.¹

¹Volga Research Medical University, Department of Hygiene, Nizhny Novgorod, Russia

²F.F. Erisman Federal Scientific Center for Hygiene, Mytishchi, Russia

Obesity among workers, regardless of other risk factors, increases the likelihood of developing chronic noncommunicable diseases. The goal is to assess the health of workers with different body weights under the influence of unfavorable working conditions. The health of groups of men with normal (#1, n=14; BMI=23.0±0.4 kg/m²) and overweight (#2, n=13; BMI=29.0±0.6 kg/m²) was analyzed. We also analyzed body weight during rotational work on physical development, functional reserves, general non-specific adaptive reactions of the body (ONARO), cognitive mental functions in the initial state and after two months. Somatic health was assessed using a computer program, ranked by the empirical coefficient of assessment: below average (0-0.249), average (0.25-0.499), above average (0.50-0.749), high (0.75-1.0). Initially, physical development, cognitive mental functions of subjects in Groups 1 and 2 did not differ statistically; the functional capabilities of the body of the first group subjects were higher (0.77±0.05 versus 0.53±0.03 points (p=0.001); ONARO in the state of "increased activation" and "reactivation" were recorded, respectively, in 38.5% and 61.5%, the level of somatic health - 0.73 ± 0.03 versus 0.63 ± 0.02 points (p = 0.0273) Harmful in terms of harmfulness and danger of working conditions (Class 3.2-3.3) led to a decrease in body weight in Group 1 in 14.3%, in Group 2 - in 46.2%; a significant decrease in the indicator of adaptive reactions of the body by 6.1% and 7.1%; ONARO in a state of "increased activation" and "reactivation", respectively, in 64.5% vs. 84.6%; decrease in cognitive functions in Group 2 (0.63±0.02 vs. 0.79±0.01 points, p=0.001); somatic health, assessed as "above average" and "high", in 78.6% and 54.5% of the examined subjects. Thus, overweight is a health risk factor during long-term shift work in hazardous working conditions, which determines measures to correct nutritional status in previous type of work period.

Keywords: unfavorable working conditions, body weight, health indicators.

Citation: Rakhmanov R.S., Bogomolova E.S., Razgulin S.A., Istomin A.V., Narutdinov D.A., Bakhmudov G.G., Spirin S.A. Comparative analysis of health indicators of subjects with different body weight under the influence of unfavorable working conditions.

Occupational Health and Human Ecology. 2023;1:6-18.

Correspondence: Rofail S. Rakhmanov, Professor at the Department of Hygiene of the "PIMU" of the Russian Health Ministry, Doctor of Medical Sciences, Professor, e-mail: raf53@mail.ru

Financing: The study had no financial support.

Conflict of interest: the authors declare no conflicts of interest.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10101>

Не вызывает сомнений то, что неблагоприятные по степени вредности и опасности условия труда приводят к нарушению функционального состояния организма и его адаптационных возможностей. Например, факторы рабочей среды и трудового процесса на химическом производстве снижают адаптационный потенциал организма, повышают риск развития рака щитовидной железы, изменяют уровень гормонов в крови [1, 2]. Возрастающая интенсивность и напряженность труда, а также психоэмоциональное напряжение, создают условия для формирования кортико-висцеральной дисфункции, дисбаланса вегетативной нервной системы, следствием чего может быть рост риска развития психосоматической патологии или усиления уже имеющихся функциональных изменений систем органов, в первую очередь сердечно-сосудистой [3]. Класс условий труда и длительность работ в таких условиях определяют уровень профессионально обусловленной патологии на мебельном производстве. У работающих на производстве электронных изделий они связаны с риском нарушений зрения, заболеваний опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистых заболеваний, гормональных и иммунных нарушений; в горнорудной промышленности приводят к развитию выраженных изменений морфоструктуры сосудов сердца в виде эндотелиоза, гипертрофии меди и периваскулярного фиброза [4-6].

При этом ожирение у работников, вне зависимости от наличия других факторов риска, повышает вероятность развития хронических неинфекционных заболеваний [7-11].

Цель работы – оценить здоровье работающих с различной массой тела при влиянии неблагоприятных условий труда.

Материал и методы. Объект наблюдения - здоровые мужчины, которые выезжали на вахтовые работы в течение двух месяцев. Они ее чередовали через каждые 2 месяца (в этот период работа осуществлялась на местах проживания). После определения роста и веса (длины и массы), расчета индекса массы тела (ИМТ) когорта была разделена на две группы: №1 (n=14) - имели нормальный пищевой статус питания, №2 (n=13) – имели избыточную массу тела¹. Была проведена оценка условий труда в стационарных и вахтовых условиях труда².

Состояние здоровья оценивали в динамике вахтовых работ: обследования проводили перед их началом и в конце. Для этого определяли антропометрические и физиометрические показатели (масса и длина тела, окружность грудной клетки в покое, показатели гемодинамики (частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое и диастолическое артериальное давление (САД, ДАД) в покое, сразу после нагрузки и после периода восстановления), сила ведущей кисти, жизненная емкость легких в покое). Нагрузочную пробу проводили по Мартинету [12].

¹ Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации».

² Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р 2.2.2006-05.

По полученным данным с учетом возраста анализировали физическое развитие, функциональные резервы организма, общие неспецифические адаптационные реакции организма (ОНАРО), когнитивные психические функции.

Физическое развитие характеризовали по интегральным величинам (ниже среднего, среднее, выше среднего, высокое), рассчитанным по 14 показателям морфофункционального состояния организма. Метод основан на распределении данных отдельных показателей по центильным интервалам, определении степени их значения методом квалиметрии и проведении линейного дискриминантного анализа [13].

Функциональные резервы организма оценивали при расчете индексов: массы тела (ИМТ), силового (динамометрия кисти/масса тела массо-ростового (масса/длина тела), жизненного (ЖЕЛ/масса тела), восстановления (ЧСС x АД сист./100) [14,15].

ОНАРО ранжировали по количеству лимфоцитов в лейкограмме: стресса (менее 20,0%), тренировки (20,0-27,5%), спокойной активации (28,0-34,0%), повышенной активации (34,5-40%), переактивации (более 40%) [16]. Исследование крови проводили стандартными методами [17].

Оценка психических функций проводилась с помощью пробы теппинг-тест. Исследование позволяет оценивать состояние нервной системы: слабая, средне-слабая, стабильная, сильная [18]. Проводили экспресс-диагностику по психомоторным показателям с использованием компьютерной программы [19].

Посредством компьютерной программы выполняли оценку соматического здоровья [13]. Особенностью данного способа являлось то, что все показатели, характеризующие лиц групп наблюдения, ранжированы в одной величине - эмпирический коэффициент оценки (ЭКО) от 0 до 1,0. Максимальная величина - 1,0. Чем хуже состояние той или иной функции или структуры тела, тем ниже показатель оценки. Итоговая (усредненная) оценка складывалась из данных каждого показателя. Уровень здоровья оценивался по 4 критериям: ниже среднего (ЭКО - 0,0-0,249), средний (ЭКО - 0,25-0,499), выше среднего (ЭКО - 0,50-0,749), высокий (ЭКО - 0,75-1,0).

Статистическую обработку для параметрических показателей проводили для парных (зависимых) и независимых выборок на ПЭВМ с использованием программы Statistica 6.1. Определяли средние значения (M), ошибки средних ($\pm m$), достоверность различий по Стьюденту (достоверные при $t < 0,05$).

Результаты. Условия труда вне вахтовых работ оценивались как допустимые (класс 2). На вахтовых работах они характеризовались нерегулярной сменностью и их длительностью (смена более 12 час), нерегламентированными перерывами, работой в ночное время. Работа осуществлялась на открытой территории и в помещениях. При работах в помещениях фиксировался контакт с шумом и вибрацией, влияние нагревательного микроклимата. Таким образом, по степени вредности и опасности труд относился к классу вредный 3.2 и 3.3. Условия труда в равной степени влияли на лиц обеих групп.

Физическое развитие лиц обеих групп статистически достоверно не различалось, как в исходном состоянии, так и в динамике наблюдения (табл. 1). По усредненным данным ($M \pm m$) оно оценивалось в границах «среднее» - «ниже среднего». ИМТ на каждом этапе

наблюдения у лиц второй группы был достоверно более высоким, в динамике наблюдения изменений средних значений не было установлено.

Адаптационные реакции организма лиц в каждой группе оценивались как высокие, показатели статистически достоверно друг от друга по этапам наблюдения не имели различий. Однако в каждой группе было определено достоверное снижение данного показателя соответственно на 6,1% и на 7,1%.

Функциональные возможности лиц группы №1 и в начале, и в конце наблюдения были достоверно более значимыми, чем у лиц в группе №2. До начала работ они в группе №1 оценивались как высокие, в группе №2 - как выше среднего. В конце наблюдения они в первой группе достоверно снизились, как и во второй группе, и оценивались как выше среднего, но были в 1,2 раза выше, чем во второй.

Таблица 1

Характеристика состояния организма обследованных лиц по интегральным показателям

Table 1

Characteristics of the body state of the examined subjects according to integral indicators

№ п/п	Оцениваемые показатели	Масса тела		P=1-2*
		Нормальная	Избыточная	
1	Физическое развитие, баллы:			
	исходные	0,5±0,1	0,5±0,07	0,967**
	конец наблюдения	0,43±0,1	0,54±0,08	0,431
	p	0,464*	0,68	
2	Статус питания (ИМТ, кг/м ²):			
	исходные	23,0±0,4	29,0±0,6	0,001
	конец наблюдения	22,9±0,5	28,7±0,7	0,001
	p	0,559	0,17	
3	Адаптационные реакции организма, баллы:			
	исходные	0,82±0,02	0,85±0,01	0,244
	конец наблюдения	0,77±0,01	0,79±0,01	0,425
	p	0,011	0,001	
4	Функциональные возможности организма, баллы:			
	исходные	0,77±0,05	0,53±0,03	0,001
	конец наблюдения	0,61±0,02	0,5±0,03	0,036
	p	0,003	0,26	

Здесь и далее: * - достоверность различий в зависимых выборках;

** - достоверность различий в независимых выборках

Here and below: * - reliability of differences in dependent samples;

** - reliability of differences in independent samples

При оценке индивидуальных показателей определили, что в группе №1 снижение МТ было отмечено у 14,3%, во второй группе – у 46,2% обследованных лиц.

В первой группе доли лиц с низким и средним физическим развитием в ходе наблюдения уменьшались, а оцениваемых как выше среднего и высокое – увеличивались и составили соответственно 64,3-57,2% и 35,7-42,8%. В группе № 2, наоборот, доли лиц с худшей оценкой физического развития нарастали, а с лучшей – снижались, составив соответственно 46,1-53,8% и 53,9-46,2% (табл. 2). Доли лиц с показателями ОНАРО, отнесенными к категориям «тренировка» и «спокойная активация», исходно достигали 57,2% против 42,8% отнесенных к категориям «повышенная активация» и «переактивация», а в группе № 2 составили соответственно 38,5% и 61,5%. К концу наблюдения в каждой группе снижались доли лиц, отнесенных к первым двум градациям, и нарастали категории «повышенная активация» и «переактивация», составили соответственно в первой группе 35,5% и 64,5%, а во второй – 14,5% и 84,6%. Интересно, что во второй группе доля лиц в состоянии переактивации была на 16,9% выше, чем в первой группе.

Таблица 2

Оценка индивидуальных интегральных показателей, %

Table 2

Assessment of individual integral indicators, %

№ п/п	Оцениваемые показатели	Масса тела	
		Нормальная	Избыточная
1. Физическое развитие			
	Ниже среднего:		
	исходные	42,9	38,4
	конец наблюдения	57,2	38,4
	Среднее:		
	исходные	21,4	7,7
	конец наблюдения	0	15,4
	Выше среднего:		
	исходные	14,3	23,1
	конец наблюдения	21,4	23,1
	Высокое:		
	исходные	21,4	30,8
	конец наблюдения	21,4	23,1
2. Общие неспецифические адаптационные реакции организма			
2.1	тренировки (20-27,5%):		
	исходные	14,2	7,7
	конец наблюдения	14,2	7,7
2.2	спокойной активации (28,0-34,0%):		
	исходные	43,0	30,7
	конец наблюдения	21,3	7,7

2.3	повышенной активации 34,5-40%):			
	исходные			
	конец наблюдения	28,6	30,7	
		43,0	46,2	
2.4	переактивации (более 40%):			
	исходные	14,2	30,7	
	конец наблюдения	21,5	38,4	

Результаты теппинг-теста в группах наблюдения, как в начале исследования, так и в его конце, между группами сравнения достоверно не отличались. В первой группе не было определено таких же изменений в динамике наблюдения, во второй было отмечено достоверное снижение результатов (табл. 3). В группе №1 на каждом этапе результаты оценивались как выше среднего, во второй – в начале исследования как высокие, в конце наблюдения – выше среднего. Изменений по типу нервной деятельности по этапам наблюдения в каждой группе не было отмечено.

Таблица 3

Характеристика когнитивных психических функций лиц групп сравнения по теппинг-тесту

Table 3

Characteristics of the cognitive mental functions of individuals in comparison groups according to the tapping test

№ п/п	Когнитивные функции	Масса тела		p=1-2
		Нормальная	Избыточная	
1	Теппинг-тест, баллы:			
	исходные	0,61±0,03	0,79±0,01	0,401
	конец наблюдения	0,62±0,03	0,63±0,02	0,832
	p	0,696	0,001	
2	Состояние нервной системы, %			
2.1	Слабая	42,9/42,9	30,7/30,7	
2.2	Средне-слабая	42,9/42,9	46,1/46,1	
2.3	Стабильная	14,2/14,2	23,2/23,2	

Итоговая оценка соматического здоровья показала, что оценочный показатель у лиц группы №1 в исходном состоянии был выше, чем у лиц группы № 2; он находился в пределах верхней границы зоны «выше среднего», у лиц группы №2 – в середине этого интервала (табл. 4). К концу наблюдения оценочные показатели достоверно снизились в каждой группе и находились в зоне «выше среднего», но во второй группе – на ее нижней границе. В динамике наблюдения в каждой группе было отмечено ухудшение здоровья: если в начале наблюдения по критериям здоровье «выше среднего» и «высокое» различия были незначительными (100,0% против 92,3%), то в конце наблюдения они более существенно изменились в группе №2.

Таблица 4

Характеристика соматического здоровья плавсостава по интегральной балльной оценке

Table 4

Characteristics of the somatic health of the seafarers according to the integral scoring

№ п/п	Характеристика здоровья, баллы	Масса тела		p
		Нормальная	Избыточная	
1	Соматическое здоровье:			
	исходные	0,73±0,03	0,63±0,02	
	конец наблюдения	0,58±0,03	0,53±0,03	0,0273
	p	0,001	0,001	0,245
2	Категории здоровья (исходно/конец наблюдения), %			
2.1	Среднее	0/21,4	7,7/46,2	
2.2	Выше среднего	57,1/71,5	84,6/53,8	
2.3	Высокое	42,9/7,1	7,7/0	

Обсуждение. Как отмечает ряд авторов, профессиональное здоровье характеризуется тремя компонентами: морфофункциональным статусом, оценивающим функции и биохимические, массо-весовые показатели; функциональной устойчивостью организма, которая позволяет выявить наличие и степень функциональной недостаточности, определить состояние регуляторных механизмов, приспособительных и компенсаторных реакций; профессионально-значимыми психическими и психофизиологическими качествами [20]. Оценить влияние условий труда на профессиональное здоровье позволяет физиолого-гигиеническое исследование, которое ведется в динамике исходного и завершающего наблюдения [21].

Отмечается, что длина, масса тела и возраст отражают состояние обмена нутриентов организма; избыточная масса - показатель нарушения обменных процессов, потенциально снижающая устойчивость организма к физическим нагрузкам [20]. Ожирение у работающих – дополнительный фактор риска развития хронических неинфекционных заболеваний [7-11]; усугубляет течение болезней и их неблагоприятных исходов у всего населения [21-26].

В числе неблагоприятных условий труда - вахтовый труд, который представляет дополнительный риск для здоровья работающих [5,27].

В настоящее время известны способы интегральной оценки здоровья, например на основе анализа образа жизни, пищевого статуса, функционального состояния сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной систем, вегетативного и психоэмоционального статуса. Другой способ – на основе регистрации динамического ряда кардиоинтервалов в состоянии покоя, измерения минутного объема дыхания в покое и максимальной вентиляции легких. Предложены четырехуровневые градации итоговой оценки здоровья в процентах: неудовлетворительное состояние (менее 25%), удовлетворительное (25-49%), хорошее (50-74%) и отличное (более 75%), или в баллах (до 10 ед.) [28, 29].

Нами для изучения динамики показателей здоровья в условиях вахтового труда велось наблюдение в группе с нормальным пищевым статусом и избыточной массой тела. Оценка данных проводилась по анализу 14 показателей морфофункционального состояния с применением нагрузочных проб, клинического исследования крови (ОНАРО) и оценки когнитивных психических функций организма (теппинг-тест, позволяющий дать характеристику двигательного анализатора: темп, ритм, устойчивость, силу возбуждения и подвижность нервных процессов [18]). Первичные данные вносились в ПЭВМ, соответствующая программа позволяла дать итоговую оценку соматического здоровья.

Как оказалось, еще до начала вахтовых работ функциональные возможности организма у лиц с избыточной МТ были ниже, была больше доля лиц с показателями ОНАРО в состоянии переактивации. В целом соматическое здоровье в группе №1 оценивалось более высоким баллом. По окончании работ были выявлены негативные изменения в состоянии здоровья лиц обеих групп. Вместе с тем доли лиц, у которых здоровье оценивалось как «высокое» и «выше среднего», в группе №1 превышали таковые в группе лиц с избыточной МТ.

Таким образом, можно полагать, что не только ожирение, но и избыточная масса тела у работающих в неблагоприятных условиях труда является фактором риска для здоровья.

Выводы.

1. Физическое развитие, когнитивные психические функции лиц с нормальным статусом питания и избыточной массой тела ($ИМТ=23,0\pm 0,4$ и $29,0\pm 0,6$ кг/м², $p=0,001$) до вахтовых работ статистически не различались. Функциональные возможности организма лиц первой группы превышали таковые во второй ($0,77\pm 0,05$ против $0,53\pm 0,03$ балла ($p=0,001$); ОНАРО в состоянии «повышенная активация» и «переактивация» регистрировались соответственно у 38,5% и 61,5%; уровень соматического здоровья - $0,73\pm 0,03$ против $0,63\pm 0,02$ балла ($p=0,0273$).
2. Вредные по степени вредности и опасности условия труда (класс 3.2-3,3) приводили к снижению массы тела в группе №1 у 14,3%, в группе №2 – у 46,2% (в 3,2 раза больше); достоверное снижение показателя адаптационных реакций организма на 6,1% и 7,1%; повышение ОНАРО в состоянии «повышенная активация» и «переактивация» регистрировались соответственно у 64,5% против 84,6%; снижение когнитивных функций в группе №2 ($0,63\pm 0,02$ против $0,79\pm 0,01$ баллов, $p=0,001$); соматическое здоровье, оцениваемое как «выше среднего» и «высокое», у 78,6% и 54,5% обследованных лиц.
3. Установлено, что избыточная масса тела – фактор риска здоровью при длительных вахтовых работах во вредных условиях труда, что обуславливает проведение мероприятий по коррекции пищевого статуса в предшествующий данному виду работ период.

Список литературы:

1. Аликина В.А., Типисова Е.В., Елфимова А.Э. Адаптационный потенциал и эндокринный статус работников целлюлозно-бумажного комбината г. Архангельска. Журнал медико-биологических исследований. 2021;9 (3):237–247. DOI: 10.37482/2687-1491-Z061.

2. Попкова В.А. Динамика показателей эндокринного профиля рабочих целлюлозно-бумажного комбината. Медицина труда и промышленная экология. 2017; 3: 54–59.
3. Малютина Н.Н., Парамонова С.В., Сединина Н.С. Формирование психо-вегетативного фенотипа работников интенсивного труда. Вестник Биомедицина и социология. 2020; 5(2): 5-10. DOI: 10.26787/nydha-2618-8783-2020-5-2-5-10.
4. Меркулова Н.А., Елисеев Ю.Ю., Кожанова О.И. Комплексный подход к оценке риска и профилактики различных соматических заболеваний у работающих (на примере мебельного производства). Анализ риска здоровью. 2020;3: 117–124. DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.14.
5. Бондарев О.И., Бугаева М.С., Михайлова Н.Н. Патоморфология сосудов сердечной мышцы у работников основных профессий угольной промышленности. Медицина труда и промышленная экология. 2019; 59(6): 335-341. DOI.org/10.31089/1026–9428–2019–59–6–335–341.
6. Кирьянова М.Н., Маркова О.Л., Улановская Е.В. Условия труда и состояние здоровья работников основных профессий современного энергетического машиностроения. Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2021;16(3): 905-913.
7. Волошина Н.И., Тришанкова Л.В., Гутор Е.М., Жидкова Е.А., Гуревич К.Г. Особенности трудовой деятельности и модифицируемых факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний среди работников локомотивных бригад, работающих в метрополитене и на железных дорогах г. Санкт-Петербурга. Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний. 2021; 9 (30): 12-19.
8. Garcia E.L. L., Debensason D., Capron L., Flahault A., Pommier J. Predictors of elevated capillary blood glucose in overweight railway French employees: a cross-sectional analysis. BMC Public Health. 2018;18 (1): 507. DOI:10.1186/s12889–018-5384-y.
9. Scheerbaum M., Langenbach C, Scheerbaum P., Heidemann F., Rieß H.C., Heigel H., et al. Prevalence of cardiovascular risk factors among 28,000 employees. Vasa. 2017;46(3):203-210. DOI: 10.1024/0301-1526/a000611.
10. Ofori S.N, Obosi J. Prevalence of hypertension among office workers in a multi-national company in the Niger-Delta with the 2017 American College of Cardiology/American Heart Association Blood Pressure Guidelines. Prev Med Rep. 2019;15:100899. DOI: 10.1016/j.pmedr.2019.100899.
11. Bokaba M., Modjadji P., Mokwena K.E. Undiagnosed Hypertension in a Workplace: The Case of a Logistics Company in Gauteng, South Africa. Healthcare (Basel). 2021.;9(8):964. DOI: 10.3390/healthcare9080964.
12. Новиков В.С. Методы исследования в физиологии военного труда. М.: Воениздат, 1993. 240 с.
13. Рахманов Р.С., Гаджибрагимов Д.А., Орлов А.Л. Интегральная бальная оценка физического здоровья взрослого населения мужского пола. Программа для ЭВМ. ФИПС. № 2011615350.
14. Захарченко М.П., Маймулов В.Г., Шабров А.В. Диагностика в профилактической медицине. СПб.: МФИН, 1977. 516 с.

15. Дубровский, В.И. Здоровый образ жизни. Валеология. Здоровый образ жизни. М.: RETORIKA-A, 2001. 560 с.
16. Гаркави Л. Х. Активационная терапия. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та. 2006. 256 с.
17. Кишкун А.А. Руководство по лабораторным методам диагностики. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. 779 с.
18. Ильин Е.П. Психология индивидуальных различий. СПб.: Питер, 2004. 701 с.
19. Рахманов Р.С., Орлов А.Л. Теппинг-тест (количественная оценка) Программа для ЭВМ. ФИПС. № 2011611044.
20. Пономаренко В.А., Разинкин С.М., Шинкаренко В.С. Методы оценки профессионального здоровья. В кн.: Здоровье здорового человека. М.: «РИФ «САНЭД»; 2007. с. 155-164.
21. Красовский В.О., Бадамшина Г.Г., Кашафутдинова Г.И., Галиуллин А.Р. Физиологические методики в решении задач гигиены труда. Медицина труда и экология человека. 2015;1:25-33.
22. WHO. Obesity and overweight / Fact sheet № 311. Geneva, World Health Organization Pres; 2014. Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en>.
23. Cameron AJ, Dunstan DW, Owen N, Zimmet PZ, Barr EL, Tonkin AM. Health and mortality consequences of abdominal obesity: evidence from the AusDiab study. Med J Aust. 2009;191(4):202-8. DOI: 10.5694/j.1326-5377.2009.tb02753.x
24. Michalsen VL, Wild SH, Kvaløy K, Svartberg J, Melhus M, Broderstad AR. Obesity measures, metabolic health and their association with 15-year all-cause and cardiovascular mortality in the SAMINOR 1 Survey: a population-based cohort study. BMC Cardiovasc Disord. 2021. 21;21(1):510. DOI: 10.1186/s12872-021-02288-9.
25. K, Chalmers J, Ohkuma T, Peters S, Poulter N, Hamet P. Use of the waist-to-height ratio to predict cardiovascular risk in patients with diabetes: Results from the ADVANCE-ON study. Diabetes Obes Metab. 2018 Aug;20(8):1903-1910. DOI: 10.1111/dom.13311.
26. Вербовой А.Ф., Пашенцева А.В., Шаронова Л.А. Ожирение и сердечно-сосудистая система. Клиническая медицина 2017;95(1): 31—35. DOI:10.18821/0023-2149-2017-95-1-31-35.
27. Бекеева С.А., Жанкулова Л.К., Князов Е.Ж. Влияние условий труда на функциональное состояние работников обогатительной фабрики. Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. 2019;2:196-202.
28. Разумов А.Н., Пономаренко В.А., Бобровницкий И.П., Соколов А.В., Шинкаренко В.С. Организационно-методические и информационно-аналитические направления в сфере охраны здоровья здорового человека. В кн.: Здоровье здорового человека научные основы восстановительной медицины. Армавир: ООО «РИФ «САНЭД»; 2007. с. 69-80.
29. Воронков Д.В., Соколов А.В., Баландин Ю.П., Лабутин Г.И. Способ оценки резервных возможностей организма человека. Патент на изобретение RU 2 195 858 С опубликовано 2.04.27.2001.

References:

1. Alikina V.A., Tipisova E.V., Elfimova A.E. Adaptation potential and endocrine status of workers of the pulp and paper mill in Arkhangelsk. *Journal. medical biol. research.* 2021;9(3):237–247. DOI: 10.37482/2687-1491-Z061.
2. Popkova V.A. Dynamics of indicators of the endocrine profile of workers of the pulp and paper mill. *Meditcina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2017; 3:54–59.
3. Malyutina N.N., Paramonova S.V., Sedinina N.S. Formation of the psycho-vegetative phenotype of intensive labor workers. *Bulletin Biomedicine and sociology.* 2020; 5(2): 5-10. DOI: 10.26787/nydha-2618-8783-2020-5-2-5-10.
4. Merkulova N.A., Eliseev Yu.Yu., Kozhanova O.I. An integrated approach to risk assessment and prevention of various somatic diseases among workers (on the example of furniture production). *Health risk analysis.* 2020;3:117–124. DOI: 10.21668/health.risk/2020.3.14.
5. Bondarev O.I., Bugaeva M.S., Mikhailova N.N. Pathomorphology of the vessels of the heart muscle in workers of the main professions of the coal industry. *Honey. labor and industrial ecol.* 2019; 59(6): 335-341. DOI.org/10.31089/1026–9428–2019–59–6–335–341.
6. Kiryanova M.N., Markova O.L., Ulanovskaya E.V. Working conditions and health status of workers in the main professions of modern power engineering. *Health is the basis of human potential: problems and ways to solve them.* 2021;16(3): 905-913.
7. Voloshina N.I., Trishankova L.V., Gutor E.M., Zhidkova E.A., Gurevich K.G. Features of labor activity and modifiable risk factors for cardiovascular diseases among employees of locomotive crews working in the metro and on the railways of St. Petersburg. *International Journal of Heart and Vascular Diseases.* 2021; 9(30):12-19.
8. Garcia E.L. L., Debensason D., Capron L., Flahault A., Pommier J. Predictors of elevated capillary blood glucose in overweight railway French employees: a cross-sectional analysis. *BMC Public Health.* 2018;18 (1): 507. DOI:10.1186/s12889–018-5384-y.
9. Scheerbaum M., Langenbach C, Scheerbaum P., Heidemann F., Rieß H.C., Heigel H., et al. Prevalence of cardiovascular risk factors among 28,000 employees. *Vasa.* 2017;46(3):203-210. DOI: 10.1024/0301-1526/a000611.
10. Ofori S.N, Obosi J. Prevalence of hypertension among office workers in a multi-national company in the Niger-Delta with the 2017 American College of Cardiology/American Heart Association Blood Pressure Guidelines. *Prev Med Rep.* 2019;15:100899. DOI: 10.1016/j.pmedr.2019.100899.
11. Bokaba M., Modjadji P., Mokwena K.E. Undiagnosed Hypertension in a Workplace: The Case of a Logistics Company in Gauteng, South Africa. *Healthcare (Basel).* 2021.;9(8):964. DOI: 10.3390/healthcare9080964.
12. Novikov V.S. *Methods of research in the physiology of military labor.* M.: Voenizdat. 1993. 240 p.
13. Rakhmanov R.S., Gadzhiibragimov D.A., Orlov A.L. Integral scoring of the physical health of the adult male population. *Computer program. FIPS.* No. 2011615350.
14. Zakharchenko M.P., Maimulov V.G., Shabrov A.V. *Diagnostics in preventive medicine.* St. Petersburg: MFIN, 1997. 516 p.
15. Dubrovsky, V.I. *Healthy lifestyle. Valeology. Healthy lifestyle.* M.: RETORIKA-A, 2001. - 560 p.

16. Garkavi L. Kh. Activation therapy. - Rostov n / a: Publishing house Rost. university 2006. 256 p.
17. Kishkun A.A. Guide to laboratory diagnostic methods. Moscow: GEOTAR-Media, 2007. 779 p.
18. Ilyin E.P. Psychology of individual differences. St. Petersburg: Piter, 2004. 701 p.
19. Rakhmanov R.S., Orlov A.L. Tapping test (quantitative assessment) Computer program. FIPS. No. 2011611044.
20. Ponomarenko V.A., Razinkin S.M., Shinkarenko V.S. Methods for assessing professional health. In: Health of a healthy person. Scientific foundations of restorative medicine. Armavir: RIF SANED LLC; 2007. p. 152-164.
21. Krasovsky V.O., Badamshina G.G., Kashafutdinova G.I., Galiullin A.R. Physiological methods in solving problems of occupational health. *Meditcina truda i ekologiya cheloveka*. 2915;1:25-33.
22. WHO. Obesity and overweight / Fact sheet № 311. Geneva, World Health Organization Pres; 2014. Available at: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en>.
23. Cameron AJ, Dunstan DW, Owen N, Zimmet PZ, Barr EL, Tonkin AM. Health and mortality consequences of abdominal obesity: evidence from the AusDiab study. *Med J Aust*. 2009;191(4):202-8. DOI: 10.5694/j.1326-5377.2009.tb02753.x
24. Michalsen VL, Wild SH, Kvaløy K, Svartberg J, Melhus M, Broderstad AR. Obesity measures, metabolic health and their association with 15-year all-cause and cardiovascular mortality in the SAMINOR 1 Survey: a population-based cohort study. *BMC Cardiovasc Disord*. 2021. 21;21(1):510. DOI: 10.1186/s12872-021-02288-9.
25. K, Chalmers J, Ohkuma T, Peters S, Poulter N, Hamet P. Use of the waist-to-height ratio to predict cardiovascular risk in patients with diabetes: Results from the ADVANCE-ON study. *Diabetes Obes Metab*. 2018 Aug;20(8):1903-1910. DOI: 10.1111/dom.13311.
26. Verbovoy A.F., Pashentseva A.V., Sharonova L.A. Obesity and the cardiovascular system. *Wedge. honey*. 2017;95(1): 31-35. DOI:10.18821/0023-2149-2017-95-1-31-35.
27. Bekeyeva S.A., Zhankulova L.K., Knyazov E.Zh. Influence of working conditions on the functional state of workers of the processing plant. *Bulletin of the East-Kazakhstan State Technical University. D. Serikbaeva*. 2019;2:196-202.
28. Razumov A.N., Ponomarenko V.A., Bobrovniksky I.P., Sokolov A.V., Shinkarenko V.S. Organizational-methodical and information-analytical directions in the field of health protection of a healthy person. In the book: Health of a healthy person, scientific foundations of restorative medicine. Armavir: RIF SANED LLC; 2007. p. 69-80.
29. Voronkov D.V., Sokolov A.V., Balandin Yu.P., Labutin G.I. A method for assessing the reserve capacity of the human body. Patent for invention RU 2 195 858 C. Published on 2.04.27.2001.

Поступила/Received: 27.10.2022

Принята в печать/Accepted: 30.11.2022

УДК 616-084:612-015:616-057:616-079

СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ СВОБОДНОРАДИКАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ И АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ У РАБОТАЮЩИХ В РАЗНЫХ СФЕРАХ ПРОИЗВОДСТВА

Умнягина И.А., Блинова Т.В., Страхова Л.А., Трошин В.В., Иванова Ю.В., Колесов С.А.

ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора,
Нижний Новгород, Россия

В настоящее время существует немногочисленное число исследований, посвященных уровню оксидативного стресса и антиоксидантной защиты у работающих в разных условиях труда. Остаются актуальными вопросы о целесообразности использования показателей оксидативного стресса и антиоксидантной системы организма, включая систему глутатиона, в качестве маркеров риска развития патологических изменений в организме человека под влиянием вредных факторов окружающей и производственной среды. **Цель исследования** - оценить уровни оксидативного стресса и антиоксидантной защиты у практически здоровых лиц, работающих в различных сферах производства и подвергающихся воздействию вредных факторов производственной среды. **Материал и методы.** Обследовано 512 практически здоровых лиц, занятых в разных сферах производства. В сыворотке крови оценивали уровни оксидативного стресса по наличию пероксидов и антиоксидантной способности сыворотки по наличию разложившейся антиоксидантами экзогенной перекиси. В цельной крови определяли уровни общего глутатиона и его фракций: восстановленного и окисленного. **Результаты.** Более чем у 50% практически здоровых работающих лиц выявлен высокий уровень оксидативного стресса. Доля лиц, имеющих высокий уровень оксидативного стресса, среди работников, контактирующих с вредными факторами производственной среды, достоверно превышала на 20-40% данный показатель у лиц, не контактирующих с вредными факторами. Величина восстановленного глутатиона и отношение восстановленного глутатиона к окисленному у работающих в условиях воздействия вредных факторов была достоверно ниже относительно их значений у лиц, не контактирующих с вредными факторами. **Выводы.** Работающие лица, имеющие высокий уровень оксидативного стресса и сниженный уровень антиоксидантной защиты, включая систему глутатиона, могут быть отобраны для углубленного мониторинга состояния здоровья.

Ключевые слова: оксидативный стресс, антиоксидантная способность сыворотки, фракции системы глутатиона, вредные производственные факторы.

Для цитирования: Умнягина И.А., Блинова Т.В., Страхова Л.А., Трошин В.В., Иванова Ю.В., Колесов С.А. Состояние системы свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты у работающих в разных сферах производства. Медицина труда и экология человека. 2023;1:19-34.

Для корреспонденции: Блинова Татьяна Владимировна, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник клинического отдела ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора, e-mail: btvdn@yandex.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10102>

THE STATE OF THE FREE RADICAL OXIDATION AND ANTIOXIDANT PROTECTION SYSTEMS AMONG WORKERS IN DIVERSE PRODUCTION AREAS

Umnyagina I.A., Blinova T.V., Strakhova L.A., Troshin V.V., Ivanova Ju.V., Kolesov S.A.

Nizhniy Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology of Rospotrebnadzor,
Nizhniy Novgorod, Russia

Currently, there is a small number of studies on the level of oxidative stress and antioxidant protection among subjects working in different working conditions. Questions remain about the appropriateness of using indicators of oxidative stress and the antioxidant system of the body, including the glutathione system, as markers of the risk of developing pathological changes in the human body exposed to harmful environmental and occupational factors. **The purpose of the study** is to assess the levels of oxidative stress and antioxidant protection in subjects working in diverse production areas and exposed to harmful factors of the work environment. **Materials and methods.** The study involved 512 subjects. In blood serum, the levels of oxidative stress were assessed by the presence of peroxides; the antioxidant capacity of serum was assessed by the presence of exogenous peroxide decomposed by antioxidants. The levels of total glutathione and reduced and oxidized fractions of the glutathione system were determined in whole blood. **Results.** The proportion of subjects with a high level of oxidative stress among workers exposed to harmful factors of the work environment significantly exceeded this indicator in subjects not exposed to harmful factors. The value of reduced glutathione and the ratio of reduced to oxidized glutathione in workers exposed to harmful factors were significantly lower relative to the same values in subjects not exposed to harmful factors. **Conclusions.** The indicators of oxidative stress levels, serum antioxidant capacity, levels of fractions of the glutathione system can be used to assess the health status of workers in diverse production areas.

Keywords: oxidative stress, antioxidant capacity of serum, fractions of the glutathione system, harmful production factors.

Citations: Umnyagina I.A., Blinova T.V., Strakhova L.A., Troshin V.V., Ivanova Ju.V., Kolesov S.A. The state of the free radical oxidation and antioxidant protection systems among workers in diverse production areas. *Occupational Health and Human Ecology*. 2023;1:19-34.

Correspondence: Tatyana V. Blinova – M.D., D.Sc. (Medicine), Leading Researcher of the Clinical Department, Nizhniy Novgorod Research Institute for Hygiene and Occupational Pathology of Rospotrebnadzor, e-mail: btvdn@yandex.ru.

Financing: the study had no financial support.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10102>

В профессиональной деятельности работающие, в зависимости от вида труда, подвергаются воздействию вредных факторов производственной среды (ВПФ) – физических, химических, биологических. ВПФ, воздействуя на органы и системы организма, способствуют развитию новых заболеваний или обострений существующих хронических болезней [1, 2]. В связи с чем проблема раннего выявления нарушений в состоянии органов и систем организма работающих, когда своевременно принятые профилактические меры помогут предотвратить развитие негативных последствий влияния вредного фактора, является важной и актуальной проблемой здравоохранения. В этом направлении целесообразным является использование мультимаркерного подхода к оценке влияния вредного фактора на состояние здоровья работающего. Одновременное использование нескольких биомаркеров (воздействия, эффекта, экспозиции, инвазивных, неинвазивных), отражающих некоторые универсальные звенья патогенетического воздействия вредного фактора среды, дает более полную картину состояния здоровья субъекта, что позволит своевременно, используя индивидуальный подход, провести профилактические, а при показаниях, и лечебные мероприятия [3].

К биохимическим биомаркерам можно отнести показатели оксидативного стресса и антиоксидантной защиты. Оксидативный стресс (ОС) возникает при избыточном образовании свободных радикалов, пероксидов, продуктов перекисного окисления липидов, которые при сниженной антиоксидантной защите (АЗ) оказывают повреждающее действие на органы и системы организма, представляя собой одно из основных неспецифических патогенетических звеньев многих заболеваний [4]. Процессы, вызывающие избыточное образование свободных радикалов в организме человека, до сих пор являются предметом изучения. По мнению многих исследователей, свободные радикалы могут образовываться в избыточном количестве при воздействии неблагоприятных факторов окружающей и производственной среды (загрязненная атмосфера, табачный дым, радиация, химические соединения производственной среды, промышленные аэрозоли, шумовое воздействие, соединения, попадающие в организм с пищей, и т.д.) [5, 6]. В избытке эти вещества становятся очень агрессивными. Они модифицируют структуру белков, липидов, нуклеиновых кислот, нарушают структуру клеточных мембран. В результате страдает рецепторный аппарат клеток, нарушается межклеточное взаимодействие и связь клетки с другими активными молекулами. Свободные радикалы вызывают дисфункцию эндотелия, инактивируют биологически активные молекулы, нарушают синтез гормонов, лейкотриенов и тромбксана, ингибируют аэробное окисление, изменяют энергетический обмен, индуцируют воспаление, способствуя

выработке провоспалительных цитокинов, повреждают генетический аппарат клеток [7]. Инактивацию свободных радикалов осуществляют антиоксиданты, среди которых важное место занимает тиосульфидная система на основе глутатиона. Глутатион существует в двух состояниях – окисленном (GSSG) и восстановленном (GSH). В нормальных физиологических условиях клеточного гомеостаза глутатион остается преимущественно в восстановленной форме. Увеличение количества GSSG вызывает ОС, что приводит к дисбалансу в работе всех систем организма. Функции глутатиона очень разнообразны. Глутатион предотвращает окислительное повреждение клеток, усиливает функции иммунной системы, участвует в посттрансляционной модификации белков, синтезе и восстановлении ДНК, клеточной пролиферации, дифференцировке и регуляции клеточной гибели, включая пути апоптоза. Снижение величин GSH и GSH/GSSG связано с митохондриальной дисфункцией, что может привести к различным патологическим процессам, в частности - воспалительным и дегенеративным. Было продемонстрировано, что изменения концентрации глутатиона происходят при многих патологических состояниях, включая диабет, рак, СПИД, нейродегенеративные заболевания, заболевания печени [8].

Результаты многочисленных наблюдений свидетельствуют о наличии тесной связи ОС и АЗ с различными заболеваниями, функциональными нарушениями, психоэмоциональным состоянием организма. По результатам, полученным рядом исследователей, ВПФ способствуют нарушению сбалансированной работы оксидантных и антиоксидантных систем [9, 10]. Было показано, что при воздействии на организм работающих смеси углеводов усиливается окислительная модификация белков и липидов, повышается концентрация GSSG [11]. Частота изменений уровней биохимических показателей возрастала со стажем работы, что позволило авторам отнести ОС к факторам риска нарушения здоровья работников, контактирующих с полициклическими ароматическими углеводородами, а работников, имеющих высокий уровень ОС - к «группе риска» развития производственно обусловленной патологии, связанной с вредными факторами производственной среды [12].

Следует отметить немногочисленное количество исследований, посвященных изучению развития ОС и системы АЗ у лиц, работающих во вредных условиях труда [13]. Возникает важный вопрос о целесообразности использования показателей ОС в качестве маркеров риска развития патологических изменений в организме человека под влиянием вредных факторов окружающей и производственной среды. Подобные вопросы возникают и в отношении антиоксидантной системы организма, в частности – системы глутатиона.

Цель исследования - оценить уровни оксидативного стресса и антиоксидантной защиты у практически здоровых лиц, работающих в различных сферах производства и подвергающихся воздействию вредных факторов производственной среды.

Материалы и методы. В консультативной клинике института было обследовано 512 практически здоровых лиц, работающих в разных сферах производства и подвергающихся воздействию комплекса вредных факторов производственной среды. Данные об условиях труда для всех работающих предоставлялись работодателем в соответствии с ФЗ № 426 от 28.12.2013 «О специальной оценке условий труда». Класс условий труд оценивался согласно Р 2.2.2006-05³. Все обследуемые были разделены на 4 группы в зависимости от сферы производства, разделение обследуемых в зависимости от вида ВПФ не проводилось:

- группа 1 (288 человек) - работники одного из металлургических заводов Нижегородской области (резчики металла, фрезеровщики, электрогазосварщики, обрубщики, наждачники, чистильщики), мужчины в возрасте от 25 до 52 лет, подвергались преимущественно воздействию производственного шума, общей и локальной вибрации, промышленных аэрозолей (сварочные и кремнийсодержащие аэрозоли преимущественно фиброгенного действия). Стаж работы $13,8 \pm 7,7$ лет. Содержание взвешенных веществ (пыли) в воздухе рабочей зоны непостоянно превышало предельно допустимые концентрации. Среднесменные значения пыли с содержанием диоксида железа на разных участках колебались от 0,65 до 7,2 мг/м³ (при ПДК 6,0 мг/м³), диоксида кремния (при содержании пыли от 10 до 70%) - от 0,44 до 2,4 мг/м³ (ПДК 2,0 мг/м³), железа – от 1,65 до 2,6 мг/м³ (ПДК 10,0 мг/м³), электрокорунда – от 1,8 до 6,6 мг/м³ (ПДК 6,0 мг/м³), марганца (при его содержании до 20%) – от 0,25 до 0,72 мг/м³ (ПДК – 0,6 мг/м³). Уровень шума на некоторых участках производства достигал 90-95 дБА. Уровень общей вибрации (эквивалентный скорректированный уровень) на некоторых участках (в основном в литейных цехах) достигал 121 дБ, уровень локальной вибрации (эквивалентный скорректированный уровень) (в основном на рабочих местах обрубщиков, наждачников и чистильщиков) – до 125 дБ (ось Z₀ при ПДУ 126 дБ), до 129 дБ (ось X₀ и Y₀ при ПДУ 126 дБ). Общая оценка трудового процесса в группе 1 характеризовалась классом условий труда 3.1–3.2 («вредный» первой и второй степени);

- группа 2 (90 человек) - водители городских автобусов, принадлежащих одному из автотранспортных предприятий г. Нижнего Новгорода, мужчины в возрасте от 30 до 54 лет. Стаж – $17,6 \pm 10$ лет. Вредными факторами, воздействующими на водителей автотранспорта, являлись шум в кабине водителя, общая и локальная вибрация, неблагоприятный микроклимат в кабине водителя, выхлопные газы автотранспорта, пыль неорганическая и органическая, включая шинную пыль, химические соединения (оксиды углерода, азота, свинец, бенз(а)пирен, диоксид азота, бензол, формальдегид, марганец), а также тяжесть и напряженность трудового процесса. Эквивалентные уровни шума в кабине водителя колебались в среднем от 63 до 73 дБА. Уровни общей вибрации (эквивалентный скорректированный уровень) на рабочих местах водителей составили 52-75 дБ (ПДУ по виброускорению - 59 дБ). Уровни локальной вибрации (эквивалентный скорректированный уровень) на рычагах и органах управления автобусов составляли 70-81 дБ (ПДУ по виброускорению – 76 дБ). Уровни инфразвука на рабочих местах водителей не превышали ПДУ. Максимальные уровни оксида углерода в воздухе рабочей зоны в кабинах водителей

³ Р2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»

некоторых автобусов превышали ПДК до 1,9 раза, оксидов азота – 2,3 раза, алифатических предельных углеводородов – в 1,3 раза. Исследования параметров микроклимата проводились в летний период при температуре окружающего воздуха от 23 до 35 °С. Оценка микроклимата показала, что 62% водителей работает в условиях, соответствующих классу 3.1. По напряженности и степени тяжести трудового процесса условия труда водителей относятся к классу 3.1.-3.2. Общая оценка трудового процесса в группе 2 характеризовалась классом условий труда 3.1–3.2 («вредный» первой и второй степени);

- группа 3 (83 человека) - рабочие сферы водоснабжения, сотрудники химико-аналитического отдела (инженер-химик, лаборант химического анализа, техник-лаборант) и микробиологического отдела (инженер-микробиолог, микробиолог, лаборант-микробиолог), мужчины и женщины от 24 до 57 лет, которые подвергались преимущественному воздействию химических факторов (органические и неорганические соединения азота, ароматические и алифатические альдегиды, органические и неорганические соединения хлора, органические кислоты, алифатические одно- и многоатомные, ароматические спирты и их производные и др.) и биологических факторов (патогенные для человека микроорганизмы, возбудители инфекционных заболеваний патогенные микроорганизмы III и IV групп патогенности и возбудители паразитарных заболеваний). Стаж работы $14,1 \pm 7,9$ лет. Общая оценка трудового процесса характеризуется классом условий труда 2 (допустимый) и 3.1 («вредный» первой степени);

- группу 4 составил 51 человек (мужчины и женщины от 32 до 52 лет), которые в своей трудовой деятельности не подвергались воздействию вредных производственных факторов – специалисты сферы услуг (работники рекламного агентства, работники офисов и бухгалтерии). Стаж работы $13,9 \pm 8,5$ лет. Уровень эквивалентного шума на рабочих местах составлял от 42,5 до 59,5 дБА (класс условий труда 2 (допустимый)).

По возрасту и стажу работы группы работающих не различались. В исследования не включались лица с острыми инфекционными и воспалительными заболеваниями, злокачественными новообразованиями, сахарным диабетом второго типа, обострениями хронических заболеваний. Участники дали добровольное информированное согласие на обследование и опубликование полученных результатов. Проведенная работа не ущемляла права, не подвергала опасности обследованных лиц и была одобрена локальным этическим комитетом ФБУН «ННИИГП» Роспотребнадзора.

У всех обследуемых кровь забирали из локтевой вены, образцы обрабатывались немедленно, сыворотку получали по стандартному методу и хранили при минус 70-80° С до анализа.

Показатели ОС и АОС определяли с помощью набора реагентов «PerOx (TOS/TOC) Kit» и «ImAnOx (TAS/TAC) Kit» фирмы Immundiagnostik (Германия). Количественный уровень ОС оценивался по наличию пероксидов в сыворотке крови и выражался в мкмоль/л перекиси, присутствующей в образце; уровень АОС - по числу пероксидов, разложившихся антиоксидантами, и выражался в мкмоль/л перекиси. Расчеты производились по формуле с применением стандартов. Для качественной оценки уровней ОС и АОС в сыворотке крови использовались данные, рекомендованные производителями наборов: низкий, средний и

высокий уровни ОС и АОС. Концентрацию общего (TG), восстановленного (GS) и окисленного (GSSG) глутатиона определяли в цельной крови по методу Элмана [14].

Статистическая обработка результатов проводилась методами вариационной статистики на персональном компьютере с использованием программы Statistica 6.1 (Statsoft Inc, USA). Используя критерий Шапиро-Уилка, были проведены анализы нормальности распределения признаков и равенства дисперсий. Для признаков, которые подчинялись нормальному распределению, анализ выполнялся методами параметрической статистики. Характеристика распределений оценивалась при вычислении средней арифметической (M), среднеквадратического отклонения (σ) и средней ошибки средней величины (m). Достоверность различий средних величин между группами оценивалась с использованием параметрического t-критерия Стьюдента. Для признаков, распределение которых отклонялись от нормального, расчет проводился по критерию U Манна-Уитни. Данные представлены как Med \pm IQR (25–75%). Критический уровень значимости результатов исследования принимался при $p < 0,05$. Значения p от 0,05 и до 0,1 включительно расценивались как тенденция.

Результаты. Уровни ОС и количество пероксидов в сыворотке крови обследуемых представлены в таблице 1.

Таблица 1

Частота выявления уровней ОС, количество пероксидов в сыворотке крови у работающих лиц

Table 1

The frequency of detecting OS levels, the amount of peroxides in the blood serum of workers

Показатель	Группы обследованных			
	Группа 1 n=288	Группа 2 n=90	Группа 3 n=83	Группа 4 n=51
Возраст (годы)	от 25 до 52	от 30 до 54	от 24 до 57	от 32 до 52
Уровень ОС:	Частота выявления уровней ОС (абс. (%))			
низкий (менее 180 мкмоль/л)	13 (4,5)	6 (6,7)	19 (22,9)	21 (41,2)
средний (180 - 310 мкмоль/л)	58 (20,1)	36 (40,0)	22 (26,5)	12 (23,5)

высокий (более 310 мкмоль/л)	217 (75,3)	48 (53,3)	42 (50,6)	18 (35,3)
Количество пероксидов (Med ± IQR (25% – 75%)), мкмоль/л				
Количество пероксидов (референтные значения): (менее 310 мкмоль/л)	441,8 (309,4-582,6)	495,2 (265,5-589,2)	309,7 (225,3-502,4)	243,0 (171,7-521,8) p _{1,4} = 0,043 p _{2,4} = 0,030 p _{3,4} = 0,510

p - достоверность различий среднего количества пероксидов в сыворотке крови между группами обследуемых (критерий U Манна-Уитни).

p - reliability of differences in the average amount of peroxides in the blood serum between groups of subjects (Mann-Whitney U test).

Полученные результаты показали, что высокий уровень ОС (более 310 мкмоль/л) выявлялся в 53,6% случаев. У работающих металлургического производства высокий уровень ОС наблюдался у большего числа лиц относительно его уровня у водителей и работников сферы водоснабжения – у 75,3% против 53,3 и 50,6%. В группе работников сферы услуг высокий уровень ОС констатировался только у одной трети обследованных. Низкий уровень ОС был выявлен у незначительного числа лиц, работающих в металлургическом производстве, и у водителей – у 4,5% и 6,7% обследованных. У работников сферы водоснабжения низкий уровень ОС диагностировался в 3-5 раз чаще относительно первых двух групп, но в 2 раза реже относительно работников сферы услуг - 22,9% против 41,2%. В группе 4 преобладали низкий и средний уровни ОС. В этой же группе обследованных выявлялось наименьшее содержание пероксидов в сыворотке крови - 243,0 (171,7-521,8) мкмоль/л против 441,8 (309,4-582,6) и 495,2 (265,5-589,2) мкмоль/л в 1-й и 2-й группах соответственно (p = 0,043; p = 0,030). Среднее количество пероксидов в 3-й группе не отличалось от их количества в 4-й группе (p = 0,510).

Уровни АОС, количество экзогенно введенных разложившихся пероксидов в сыворотке крови обследуемых представлены в таблице 2.

Таблица 2

Частота выявления уровней АОС, количество экзогенно введенных разложившихся пероксидов в сыворотке крови у работающих лиц

Table 2

The frequency of detecting AOS levels, the amount of exogenously introduced decomposed peroxides in the blood serum of workers

Показатель	Группы обследованных			
	Группа 1 n=288	Группа 2 n=90	Группа 3 n=83	Группа 4 n=51
Возраст (годы)	от 25 до 52	от 30 до 54	от 24 до 57	от 32 до 52
Уровень АОС	Частота выявления уровней АОС (абс. (%))			
низкий (менее 280 мкмоль/л)	138 (47,9)	16 (17,8)	37 (44,6)	15 (29,4)
средний (280 - 320 мкмоль/л)	88 (30,5)	36 (40,0)	36 (43,4)	24 (47,1)
высокий (более 320 мкмоль/л)	62 (21,5)	38 (42,2)	13 (11,3)	12 (23,5)
	Количество разложившихся пероксидов (Med ± IQR (25% – 75%)), мкмоль/л)			
Количество разложившихся пероксидов (референтные значения): (более 280 мкмоль/л)	280,8 (258,2 – 323,0)	360,1 (350,1 - 375,5)	292,4 (260,1 - 310,8)	288,3 (263,0-321,1) p _{1,4} = 0,31 p _{2,4} = 0,12 p _{3,4} = 0,42

p - достоверность различий среднего количества экзогенно введенных разложившихся пероксидов в сыворотке крови между группами обследуемых (критерий U Манна-Уитни).

p - reliability of differences in the average amount of exogenously introduced decomposed peroxides in the blood serum between groups of subjects (Mann-Whitney U test).

Полученные результаты показали, что низкий уровень АОС (менее 280 мкмоль/л) выявлялся в 34,9% случаев. Выявлены различия в уровне АОС между группами работающих, наиболее выраженные при низком и высоком уровнях. Почти у половины работающих в металлургическом производстве и сфере водоснабжения наблюдался низкий уровень АОС - у 47,9 и 44,6% против 29,4% в группе 4. У водителей автотранспорта низкий уровень АОС выявлялся у меньшего числа лиц (17,8%) относительно всех групп. Однако в группе водителей у значительного числа лиц был выявлен высокий уровень АОС – у 42,2% обследуемых против 21,5, 11,3 и 23,5% в группах 1, 3 и 4 соответственно. Достоверных различий в количественной характеристике АОС между обследуемыми группами не было выявлено.

В таблице 3 представлены показатели фракций глутатиона в крови обследованных лиц.

Таблица 3

Показатели системы глутатиона, частота выявления пониженных (повышенных) значений у работающих лиц

Table 3

Indicators of the glutathione system, the frequency of detection of low (elevated) values in workers

Показатель	Группы обследованных							
	Группа 1 n=288		Группа 2 n=90		Группа 3 n=83		Группа 4 n=51	
Возраст (годы)	от 25 до 52		от 30 до 54		от 24 до 57		от 32 до 52	
Фракции глутатиона (референтные значения)	Количество глутатиона (M±m) и частота выявления повышенных (↑) и пониженных (↓) уровней (абс. (%))							
глутатион общий TG (900-1500 мкмоль/л)	1271,9 ± 42,3	8 (2,8)↓	1266,5 ± 26,1	2 (2,2)↓	1235,6 ± 28,4	1 (1,3)↓	1280,2 ± 64,1	0 (0)↓
глутатион восстановленный GSH (750-1300 мкмоль/л)	998,0 ± 39,2	67 (23,3) ↓	1104,3 ± 29,8	10 (11,1) ↓	1120,4 ± 38,5	7 (8,4)↓	1136,5 ± 50,1	0 (0)↓
глутатион	128,3	221	84,2 ±	20	80,2 ±	17	79,1 ±	9

окисленный GSSG (75-100 мкмоль/л)	± 7,5 (76,7) ↑	6,8 (22,2) ↑	8,4 (20,5) ↑	9,2 (17,6)↑
GSH/GSSG (10:1)	6,9 ± 4,1 (80,2) ↓	13,1 ± 3,4 (27,7) ↓	14,0 ± 2,8 (22,9) ↓	19,9 ± 4,6 (17,6)↓
p	$p^{GS}_{1,4}=0,0001$ $p^{GSSG}_{1,4}=0,0001$ $p^{GS/GSSG}_{1,4}=0,000$ 1 $p^{GS}_{1,2}=0,0001$ $p^{GS}_{1,3}=0,0001$ $p^{GSSG}_{1,2}=0,0001$ $p^{GSSG}_{1,3}=0,0001$ $p^{GS/GSSG}_{1,2}=0,000$ 1 $p^{GS/GSSG}_{1,3}=0,000$ 1	$p^{GS}_{2,4}=0,0001$ $p^{GSSG}_{2,4}=0,0001$ $p^{GS/GSSG}_{2,4}=0,000$ 1 $p^{GS}_{2,3}=0,002$ $p^{GSSG}_{2,3}=0,001$ $p^{GS/GSSG}_{2,3}=0,06$	$p^{GS}_{3,4}=0,036$ $p^{GSSG}_{3,4}=0,510$ $p^{GS/GSSG}_{3,4}=0,000$ 1	

p - достоверность различий среднего количества фракций глутатиона в крови между группами обследуемых (t-критерия Стьюдента).

p - the significance of differences in the average number of glutathione fractions in the blood between groups of subjects (Student's t test).

Результаты показали, что концентрации фракций глутатиона у обследованных лиц не выходили за пределы референтных значений. Исключением являлась фракция GSSG у работающих в металлургическом производстве. Ее концентрация в крови лиц 1-й группы в среднем на 40% превышала таковую у лиц 2-, 3- и 4-й групп. Анализ восстановленного и окисленного глутатиона показал, что во всех группах работающих, контактирующих с вредными факторами производственной среды, содержание его в крови было ниже относительно его концентрации в крови работающих вне контакта с вредными производственными факторами ($p=0,0001$; $p=0,0001$; $p=0,036$ - для восстановленного глутатиона; $p=0,0001$; $p=0,0001$ - для окисленного в 1-, 2- и 4-й группах). Различий в количестве окисленного глутатиона между 3-й и 4-й группами не было выявлено ($p = 0,510$). Наиболее выраженные нарушения в содержании фракций глутатиона и величины отношения GSH/GSSG наблюдались у работающих металлургического производства.

Обсуждение. Полученные результаты выявили как общие закономерности, так и различия в состоянии системы свободнорадикального окисления и антиоксидантной защиты организма работающих в зависимости от условий труда. Высокий уровень ОС наблюдался во всех группах практически здоровых лиц, работающих как в условиях воздействия вредных производственных факторов, так и вне их воздействия. Различия заключались в количестве пероксидов и частоте выявления высокого уровня ОС. Большая доля лиц с высоким уровнем ОС наблюдалась среди работников, контактирующих с вредными факторами производственной среды. Не было выявлено четкой взаимосвязи между условиями труда работающих и антиоксидантной способностью сыворотки крови. У основной части всех работающих преобладал средний и низкий уровни АОС.

Следует отметить более стабильную работу системы глутатиона у работающих в разных условиях труда по сравнению с системами свободнорадикального окисления и АОС. Концентрация фракций глутатиона в крови обследованных в основном не выходила за пределы референтных значений. Исключением явилась группа работающих металлургического производства. У данных лиц была повышена фракция GSSG и снижена величина отношения GSH/GSSG. Несмотря на то что концентрация всех фракций глутатиона находилась в пределах физиологической нормы, величины GSH и GSH/GSSG у работающих в условиях воздействия вредных факторов были достоверно ниже относительно их значений у лиц, не контактирующих с вредными факторами.

По мнению многих исследователей, низкий уровень глутатиона при высоком ОС является крайне неблагоприятным прогностическим признаком для организма и служит патогенетическим звеном в развитии ряда заболеваний, в том числе вызванных вредными факторами окружающей и производственной среды [15, 16, 17]. Кроме того, повышенный уровень ОС, снижение АЗ у работающих могут усугубить уже имеющуюся субклиническую патологию и быть риском для возникновения новых заболеваний [18, 19]. Рядом авторов была подтверждена ключевая роль ОС в раннем развитии артериальной гипертензии, сердечно-сосудистых заболеваний, заболеваний почек в общей популяции. По мнению исследователей, данные заболевания были связаны с повышенной выработкой супероксидных радикалов и снижением биодоступности антиоксидантных веществ. Авторы полагают возможное использование показателей ОС и глутатиона для клинического мониторинга сердечно-сосудистых заболеваний [20]. Использование показателей ОС и системы глутатиона может явиться важным методическим подходом для мониторинга развития заболеваний среди населения. Однако нельзя исключить и другие эндогенные показатели риска развития патологии, связанные со свободнорадикальным окислением. Именно комбинация биомаркеров (воспаления, эндотелиальной дисфункции, метаболического синдрома), связанных с окислительно-восстановительными процессами, могла бы лучше отражать окислительно-восстановительный статус всего организма и улучшить прогностическую значимость ОС, АЗ, включая систему глутатиона. Применение мультимаркерного подхода даст более полное представление врачу о причинах развития ОС и выборе терапевтических мероприятий, направленных на его снижение.

Таким образом, лицам, имеющим нарушения в системе свободнорадикального окисления, можно рекомендовать обследование на наличие свободных радикалов и показателей антиоксидантной защиты. В случае негативных изменений необходимо пройти углубленное клиническое обследование, обратить серьезное внимание на режим труда, отдыха, рацион питания работающих лиц. Данные показатели могут быть использованы для оценки состояния системы оксидантов-антиоксидантов и рекомендованы при анализе риска воздействия на организм работающих вредных производственных химических и физических факторов. Показатели ОС и АЗ могут служить информативными тестами для мониторинга за состоянием здоровья лиц, работающих в условиях воздействия вредных факторов производственной среды.

Список литературы:

1. Słota M., Wąsik M., Stołtny T., Machoń-Grecka A., Kasperczyk A., Bellanti F., et al. Relationship between lead absorption and iron status and its association with oxidative stress markers in lead-exposed workers. *J Trace Elem Med Biol.* 2021;68:126841. DOI: 10.1016/j.jtemb.2021.126841
2. Golbidi S., Li H., Laher I. Oxidative stress: a unifying mechanism for cell damage induced by noise, (water-pipe) smoking, and emotional stress-therapeutic strategies targeting redox imbalance. *Antioxid Redox Signal.* 2018;28(9):741-759. DOI: 10.1089/ars.2017.7257
3. Павловская Н.А. Ранняя диагностика профессиональных заболеваний. Руководство. Москва: ГЭОТАР-Медиа. 2020;128с. DOI: 10.33029/9704-5726-9- EDO-2020-1-128
4. Forman H.J., Zhang H. Targeting oxidative stress in disease: promise and limitations of antioxidant therapy. *Nat Rev Drug Discov.* 2021;20(9):689-709. DOI: 10.1038/s41573-021-00233-1
5. Xie X., He Z., Chen N., Tang Z., Wang Q., Cai Y. The roles of environmental factors in regulation of oxidative stress in plant. *Biomed Res Int.* 2019;2019:9732325. DOI: 10.1155/2019/9732325
6. Münzel T., Schmidt F.P., Steven S., Herzog J., Daiber A., Sørensen M. Environmental noise and the cardiovascular system. *J Am Coll Cardiol.* 2018;71(6):688-697. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.12.015
7. Papaconstantinou J. The role of signaling pathways of inflammation and oxidative stress in development of senescence and aging phenotypes in cardiovascular disease. *J. Cells.* 2019;8(11):1383. DOI: 10.3390/cells8111383
8. Искусных И.Ю., Захарова А.А., Патхак Д. Глутатион при заболеваниях мозга и старении. *Молекулы.* 2022;27(1):324. DOI: 10.3390/molecules27010324
9. Фагамова А.З., Тимашева Г.В., Смолянкин Д.А. Состояние процессов окислительного метаболизма у работающих в условиях химической нагрузки. *Вестник Башкирского государственного медицинского университета.* 2018;S3-2:840-844.
10. Bourdrel T., Bind M., Béjot Y., Morel O., Argacha J. Cardiovascular effects of air pollution. *Arch Cardiovasc Dis.* 2017;110(11):634-642. DOI: 10.1016/j.acvd.2017.05.003
11. Терехина Н.А., Терехин Г.А., Жидко Е.В., Горячева О.Г. Окислительная модификация белков, проницаемость эритроцитарных мембран и активность гамма-

- глутамилтранспептидазы при различных интоксикациях. Медицинская наука и образование Урала. 2019;4:78-82.
12. Ушков А.А., Соболев Ю.А., Родюкова Е.С., Сорока Л.И., Колеснева Е.В. Окислительный стресс как показатель степени риска здоровья работников, контактирующих с полициклическими ароматическими углеводородами. Здоровье и окружающая среда. 2015;25:149-153.
 13. Кузьмина Л.П., Коляскина М.М., Лазарашвили Н.А., Безрукавникова Л.М., Измерова Н.И., Санин В.Ю., и др. Современные медицинские технологии в диагностике и оценке риска развития профессиональных заболеваний Медицина труда и промышленная экология. 2013;7:9-13.
 14. Giustarini D., Fanti P., Sparatore A., Matteucci E., Rossi R. Anethole dithiolethione lowers the homocysteine and raises the glutathione levels in solid tissues and plasma of rats: a novel non-vitamin homocysteine-lowering agent. *Biochem. Pharmacol.* 2014; 89:246–254. DOI: 10.1016/j.bcp.2014.03.005.
 15. Layali I., Shahriary A., Rahmani Talatappe N., Tahmasbpour E., Rostami H., Beigi Harchegani A. Sulfur mustard triggers oxidative stress through glutathione depletion and altered expression of glutathione-related enzymes in human airways. *Immunopharmacol Immunotoxicol.* 2018; 40(4):290-296. DOI: 10.1080/08923973.2018.1460754.
 16. Čapek J., Roušar T. Detection of oxidative stress Induced by nanomaterials in cells-the roles of reactive oxygen species and glutathione. *Molecules.* 2021;26(16):4710. DOI: 10.3390/molecules 26164710.
 17. Zalachoras I., Hollis F., Ramos-Fernández E., Trovo L., Sonnay S., Geiser E., Preitner N., Steiner P., Sandi C., Morató L. Therapeutic potential of glutathione-enhancers in stress-related psychopathologies. *Neurosci Biobehav Rev.* 2020; 114:134-155. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2020.03.015.
 18. Asher B. F., Guilford F. Oxidative and low glutathione in common ear, nose, and throat conditions: a systematic review. *Altern Ther Health Med.* 2016; 22(5):44-50.
 19. Singh N., McMahon H., Bilderbeck A., Reed ZE., Tunbridge E., Brett D., Geddes JR., Churchill G.C., Goodwin G.M. Plasma glutathione suggests oxidative stress is equally present in early and late onset bipolar disorder. *Bipolar Disord.* 2019;21(1):61-67. DOI: 10.1111/bdi.12640.
 20. Bourgonje A.R., Bourgonje M.F., Post A., la Bastide-van Gemert S., Kieneker L.M., Bulthuis M.L.C., Gordijn S.J., Gansevoort R.T., Bakker S.J.L., Mulder D.J., Pasch A., van Goor H., Abdulle A.E. Systemic oxidative stress associates with new-onset hypertension in the general population. *Free Radic Biol Med.* 2022; 187:123-131. DOI: 10.1016 / j.freeradbiomed.2022.05.020.

References:

1. Słota M., Wąsik M., Stołtny T., Machoń-Grecka A., Kasperczyk A., Bellanti F., et al. Relationship between lead absorption and iron status and its association with oxidative stress markers in lead-exposed workers. *J Trace Elem Med Biol.* 2021;68:126841. DOI: 10.1016/j.jtemb.2021.126841

2. Golbidi S., Li H., Laher I. Oxidative stress: a unifying mechanism for cell damage induced by noise, (water-pipe) smoking, and emotional stress-therapeutic strategies targeting redox imbalance. *Antioxid Redox Signal*. 2018;28(9):741-759. DOI: 10.1089/ars.2017.7257
3. Pavlovskaya N.A. Early diagnosis of occupational diseases. *Rukovodstvo*. Moskva: GEOTAR-Media. 2020;128 s. DOI: 10.33029/9704-5726-9- EDO-2020-1-128
4. Forman H.J., Zhang H. Targeting oxidative stress in disease: promise and limitations of antioxidant therapy. *Nat Rev Drug Discov*. 2021;20(9):689-709. DOI: 10.1038/s41573-021-00233-1
5. Xie X., He Z., Chen N., Tang Z., Wang Q., Cai Y. The roles of environmental factors in regulation of oxidative stress in plant. *Biomed Res Int*. 2019;2019:9732325. DOI: 10.1155/2019/9732325
6. Münzel T., Schmidt F.P., Steven S., Herzog J., Daiber A., Sørensen M. Environmental noise and the cardiovascular system. *J Am Coll Cardiol*. 2018;71(6):688-697. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.12.015
7. Papaconstantinou J. The role of signaling pathways of inflammation and oxidative stress in development of senescence and aging phenotypes in cardiovascular disease. *J. Cells*. 2019;8(11):1383. DOI: 10.3390/cells8111383
8. Iskusnykh I.Y., Zakharova A.A., Pathak D. Glutathione in brain disorders and aging. *Molecules*. 2022;27(1):324. DOI: 10.3390/molecules27010324
9. Fagamova A.Z., Timasheva G.V., Smolyankin D.A. The state of the processes of oxidative metabolism working in conditions of chemical stress. *Vestnik bashkirskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta*. 2018;S3-2:840-844.
10. Bourdrel T., Bind M., Béjot Y., Morel O., Argacha J. Cardiovascular effects of air pollution. *Arch Cardiovasc Dis*. 2017;110(11):634-642. DOI: 10.1016/j.acvd.2017.05.003
11. Terekhina N.A., Terekhin G.A., Zhidko E.V., Goryacheva O.G. Oxidative modification of proteins, permeability of erythrocyte membranes and activity gamma-glutamyltranspeptidase in various intoxications. *Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala*. 2019;4:78-82.
12. Ushkov A.A., Sobol Y.A., Rodukova A.S., Soroka L.I., Kolesneva E.V. Oxidative stress as a risk level indicator of workers exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Zdorove i okruzhayushchaya sreda*. 2015;25:149-153.
13. Kuzmina L.P., Kolyaskina M.M., Lazarashvili N.A., Bezroukavnikova L.M., Izmerova N.I., Sanin V.Yu., et al. Contemporary medical technologies in diagnosis and evaluating risks of occupational diseases. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2013;7:9-13.
14. Giustarini D, Fanti P, Sparatore A, Matteucci E, Rossi R. Anethole dithiolethione lowers the homocysteine and raises the glutathione levels in solid tissues and plasma of rats: a novel non-vitamin homocysteine-lowering agent. *Biochem. Pharmacol*. 2014;89:246-254. DOI: 10.1016/j.bcp.2014.03.005.
15. Layali I., Shahriary A., Rahmani Talatappe N., Tahmasbpour E., Rostami H., Beigi Harchegani A. Sulfur mustard triggers oxidative stress through glutathione depletion and altered expression of glutathione-related enzymes in human airways. *Immunopharmacol Immunotoxicol*. 2018;40(4):290-296. DOI: 10.1080/08923973.2018.1460754.

16. Čapek J., Roušar T. Detection of oxidative stress Induced by nanomaterials in cells-the roles of reactive oxygen species and glutathione. *Molecules*. 2021;26(16):4710. DOI: 10.3390/molecules 26164710.
17. Zalachoras I., Hollis F., Ramos-Fernández E., Trovo L., Sonnay S., Geiser E., Preitner N., Steiner P., Sandi C., Morató L. Therapeutic potential of glutathione-enhancers in stress-related psychopathologies. *Neurosci Biobehav Rev*. 2020;114:134-155. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2020.03.015.
18. Asher B. F., Guilford F. Oxidative and low glutathione in common ear, nose, and throat conditions: a systematic review. *Altern Ther Health Med*. 2016; 22(5):44-50.
19. Singh N., McMahon H., Bilderbeck A., Reed ZE., Tunbridge E., Brett D., Geddes JR., Churchill G.C., Goodwin G.M. Plasma glutathione suggests oxidative stress is equally present in early and late onset bipolar disorder. *Bipolar Disord*. 2019;21(1):61-67. DOI: 10.1111/bdi.12640.
20. Bourgonje A.R., Bourgonje M.F., Post A., la Bastide-van Gemert S., Kieneker L.M., Bulthuis M.L.C., Gordijn S.J., Gansevoort R.T., Bakker S.J.L., Mulder D.J., Pasch A., van Goor H., Abdulle A.E. Systemic oxidative stress associates with new-onset hypertension in the general population. *Free Radic Biol Med*. 2022; 187:123-131. DOI: 10.1016 / j.freeradbiomed.2022.05.020.

Поступила/Received: 14.12.2022

Принята в печать/Accepted: 20.02.2023

УДК 616.24:616-073.75(470.57)

КЛИНИКО-РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПНЕВМОКОНИОЗОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Гареева Л.Ф., Галлямова С.А., Масагутова Л.М., Ахметшина В.Т., Валеева Э.Т.

ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

Знание особенностей течения пневмокониозов (ПК) позволяет обеспечить их своевременную и адекватную диагностику, профилактику и лечение.

Цель исследования. *Изучение характера течения ПК у пациентов на основании оценки клинических данных, рентгенологических и функциональных методов исследования.*

Материалы и методы. *Проведен анализ 367 историй болезней пациентов с ПК за период с 1972 по 2019 гг., находившихся на стационарном лечении в клинике ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»*

Результаты. *Установлено, что до 1997 года ПК протекал тяжелее, преобладали классические формы: силикоз, силикотуберкулез, которые характеризовались более значительными и ранними клиническими, функциональными и рентгенологическими изменениями в легких. При силикотуберкулезе регистрировались выраженные нарушения функции внешнего дыхания (55,0%), обструктивно-рестриктивный тип вентиляционных нарушений (72,0%). Узелковые затемнения преимущественно типа «р» 50,0% и «q» 30,0% с массивным фиброзом. После 1997 года отмечалось более доброкачественное развитие ПК, чаще встречались интерстициальные, смешанные формы. Рентгенологическая картина в основном представлена в виде нерезко выраженного интерстициального фиброза и линейных затемнений типа «s», «s/t».*

Заключение. *В процессе анализа выявлена тенденция к снижению уровня заболеваемости ПК, что может быть объяснено как улучшением условий труда работников, так и разработкой и проведением программ медико-социальных мероприятий, направленных на профилактику и реабилитацию лиц, подверженных влиянию промышленных аэрозолей.*

Ключевые слова: *Пневмокониоз, рентгенография, спирометрия, профессиональные заболевания*

Для цитирования: *Гареева Л.Ф., Галлямова С.А., Масагутова Л.М., Ахметшина В.Т., Валеева Э.Т. Клинико-рентгенологические особенности пневмокониозов в современных условиях. Медицина труда и экология человека. 2023;1:35-48.*

Для корреспонденции: *Гареева Лилия Филлуоровна, ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», заведующая отделением инструментальных методов исследования, e-mail: lili160478@mail.ru.*

Финансирование: *исследование не имело спонсорской поддержки.*

Конфликт интересов: *авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10103>

CLINICAL AND RADIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PNEUMOCONIOSES IN CURRENT CONDITIONS

Gareeva L.F., Gallyamova S.A., Masyagutova L.M., Akhmetshina V.T., Valeeva E.T.

Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

Knowledge of the pneumoconioses (PC) course characteristics will ensure their timely and adequate diagnosis, prevention and treatment.

Purpose of the study. *To study the nature of the PC course in patients based on the assessment of clinical data, radiological and functional research methods.*

Materials and methods. *An analysis of 367 case reports of patients with PC who underwent treatment at the clinic of the "Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology between 1972 and 2019 was made.*

Results. *It has been shown that before 1997 PC was more severe, classical forms prevailed: silicosis, silicotuberculosis, which were characterized by more significant and early clinical, functional and radiological changes in the lungs. With silicotuberculosis, pronounced disturbances in the function of external respiration (55.0%), obstructive-restrictive type of ventilation disorders (72.0%) were recorded. There were nodular opacities predominantly of the "p" type (50.0%) and "q" type (30.0%) with massive fibrosis. After 1997, more benign development of PC was noted, interstitial, mixed forms were more common. The X-ray picture is mainly presented in the form of not pronounced interstitial fibrosis and linear blackouts of the "s", "s / t" type.*

Conclusion. *The analysis has revealed a downward trend in the incidence of PC, which can be explained both by the improvement of working conditions for workers and the development and implementation of programs of medical and social measures aimed at the prevention and rehabilitation of persons exposed to industrial aerosols.*

Keywords: *Pneumoconiosis, radiography, spirometry, occupational diseases*

Citation: *Gareeva L.F., Gallyamova S.A., Masyagutova L.M., Akhmetshina V.T., Valeeva E.T. Clinical and radiological characteristics of pneumoconioses in current conditions. Occupational health and human ecology. 2023;1:35-48.*

Correspondence: *Liliya F. Gareeva, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Head of the Department of Instrumental Research Methods, e-mail: lili160478@mail.ru.*

Financing: *The study had no financial support.*

Conflict of Interest: *The authors declare no conflict of interest.*

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10103>

В современной профессиональной респираторной патологии своевременная диагностика пневмокониозов (ПК) признана одной из сложнейших проблем.

Наиболее часто данный вид патологии диагностируется у работников угольной, горнорудной промышленности, преимущественно занятых в бурении, дроблении, разломе, обработке и переработке твердых пород; у работников литейного, металлообрабатывающего, сварочного производства, а также у лиц, занятых в промышленности строительных материалов, животноводстве, птицеводстве и т.д. Наибольшую опасность представляют мелкие фракции разнообразных промышленных пылей, с включением металлов-аллергенов, полимерных материалов, газов и органических соединений, попадающие при дыхании в дыхательные пути [1,2].

Согласно современной классификации, к пневмокониозам относятся необратимые и практически неизлечимые хронические заболевания легких профессионального генеза. Основным патогенетическим механизмом формирования силикотического фиброза признано вдыхание производственной пыли, с последующим формированием диффузного первичного фиброза [3].

Наиболее распространен и изучен вариант пневмокониоза, формирующийся при воздействии пыли с содержанием диоксида кремния (SiO_2). Для данного вида ПК характерно раннее прогрессирование фиброзного процесса и развитие осложнений в виде присоединения туберкулезной инфекции [4,5].

В зависимости от характера, концентрации и состава вдыхаемых промышленных аэрозолей, длительности экспозиции, а также индивидуальных особенностей макроорганизма, формируется и характер изменений легочной ткани [6].

Несмотря на модернизацию технологических процессов, внедрение нового, более совершенного оборудования невозможно полностью исключить комплексное и комбинированное воздействие промышленных аэрозолей сложного состава на органы дыхания работающих. Зачастую несоблюдение необходимых санитарно-гигиенических нормативов влечет за собой превышение предельно допустимых концентраций веществ с фиброгенным, токсико-пылевым, токсико-аллергенным, сенсибилизирующим и раздражающим действием, в результате чего отмечается рост диагностированных случаев профессиональных диссеминированных легочных процессов, не характерных для классических форм ПК [7].

Современный этап развития науки характеризуется также внедрением нового диагностического оборудования - цифровая рентгенография, компьютерная томография, функция внешнего дыхания, иммунологические исследования, что несомненно влечет за собой изменения и в клинико-рентгенологической картине ПК, не характерной для типичных его форм [8,9,10].

Цель исследования является изучение особенностей развития ПК у пациентов за период с 1972 по 2019 годы на основании анализа данных клинических, рентгенологических и функциональных методов исследования.

Материал и методы исследования. Проведен ретроспективный анализ медицинской документации пациентов, находившихся на стационарном лечении в клинике ФБУН

«Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека». Мужчин – 309 человек (87%), женщин – 48 человек (13 %). Всего – 357 историй болезней.

Проанализированы динамические изменения в клинической картине заболеваний, результатах функциональных и рентгенологических методов исследований.

Оценка санитарно-гигиенических характеристик (СГХ) условий труда включала в себя изучение профмаршрута, стажа работы в условиях воздействия неблагоприятных производственных факторов, состава и концентраций промышленных аэрозолей.

При рентгенографическом исследовании использовались: полипозиционные укладки органов грудной клетки с прямым увеличением, а также проводились по показаниям - линейная томография, компьютерная томография высокого разрешения.

Прежде анализ рентгенологических снимков осуществлялся согласно классификации 1976 г., в которую отчасти входили принципы кодирования рентгенологических изменений при пневмокониозах. В 1996 г. классификация была отредактирована и приведена в соответствие с ныне действующими международными эталонами (ILO, 2000), Отечественной классификацией пневмокониозов, Федеральными клиническими рекомендациями «Пневмокониозы».

С помощью спирометрии изучалась функция внешнего дыхания (ФВД) у пациентов с ПК за период с 1972 по 2019 гг. по измененным показателям легочной вентиляции.

Распределение обследованных пациентов по профессиям выглядело следующим образом: 16,0% - сварщики, 9,0% - разнорабочие, 7,0% - огнеупорщики, 7,0% - обрубщики, 5,0% - проходчики, 5,0% - машинисты, 4,0% - формовщики, по 2,0% - забойщиков, крепильщиков, дробильщиков, и 41,0% обследованных пациентов других профессий, таких как бурильщик, заливщик, слесарь и др.

Результаты. Проведенный анализ данных санитарно-гигиенических характеристик (СГХ) свидетельствует о том, что у лиц с установленным диагнозом пневмокониоза до 1997 года условия труда характеризовались преимущественно воздействием веществ фиброгенного действия (в 50% случаев), а после 1997 года в связи с внедрением новых технологий отмечается снижение фактической концентрации аэрозолей преимущественно фибриногенного действия в воздухе рабочей зоны до незначительного превышения ПДК до 1,2 раза.

Диагноз ПК был установлен у работников в основном в возрасте 40-50 лет (41,0%) при стаже работы 10-15 лет, в возрасте 50-60 лет у 34 % со стажем 15-20 лет, в 13% случаев встречался у лиц старше 60 лет, имевших в прошлом документированно подтвержденный контакт с промышленными аэрозолями, в 10% - в возрастной категории 30-40 лет с продолжительностью труда от 5 до 10 лет и в 2% - у пациентов 25-30 лет, стаж работы которых составлял 1-5 лет. Длительный контакт с промышленными аэрозолями, содержащими тяжелые металлы, имели 47,0% лиц старше 60 лет.

Помимо влияния на организм промышленных аэрозолей, у 52,0% обследованных отмечался большой стаж курения (более 10 лет), что могло способствовать более раннему развитию ПК.

По клинической картине структуру ПК составили: 117 больных со смешанной формой силикоза (32%); 83 пациента с узелковой формой силикоза (23 %) и 43 человека (13 %) с интерстициальной формой (рис. 1).

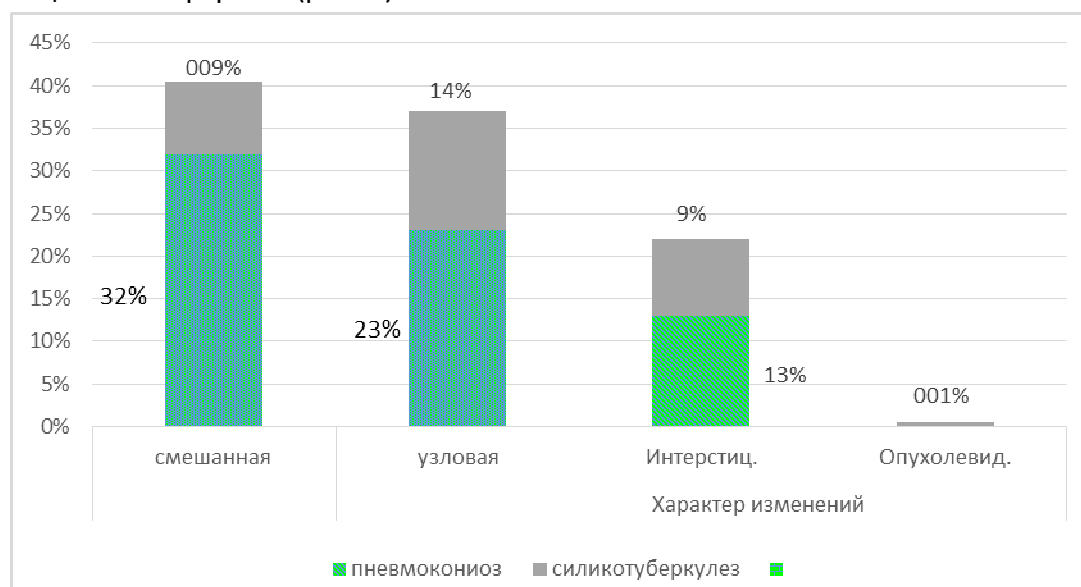


Рис. 1. Формы пневмокониозов в РБ за период с 1972 по 2019 гг.

Figure 1. Forms of pneumoconiosis in the Republic of Bashkortostan for the period from 1972 to 2019

Отдельно была выделена группа с силикотуберкулезом различной формы: узелковая форма отмечалась у 47 больных (14%), интерстициальная - у 9% (35 человек), смешанная – у 8,5% (31 больных) и опухолевидная – у 1 пациента (0,5%).

Основными жалобами вне зависимости от времени установленного диагноза были одышка при физической нагрузке (90%), кашель у 92% пациентов, при этом частота продуктивного кашля чаще встречалась после 1997 года при узелковом силикозе.

При силикотуберкулезе на одышку при физической нагрузке и кашель с мокротой жаловались все обследуемые до 1997 года, после 1997 года сухой кашель отмечался у 25%, одышка при физической нагрузке у 53,0%.

При интерстициальной форме и смешанной форме ПК различия между частотой жалоб не выявлено.

При объективном обследовании в легких отмечался перкуторный звук с коробочным оттенком (у 64,0 % пациентов), везикулярное, ослабленное дыхание (51,0 %), крепитирующие хрипы (54,0%).

При спирометрическом исследовании у пациентов с узелковым силикозом до 1997 года в 40% наблюдались нормальные показатели ФВД, у 31,3% пациентов регистрировались нарушения I степени ($p < 0,05$), после 1997 года у 38,1% выявлены резкие и значительные нарушения (II и III степени). Тип нарушений преимущественно смешанный ($p < 0,001$) (табл. 1).

Таблица 1

Изменения функции внешнего дыхания у пациентов с ПК с учетом времени поставленного диагноза

Table 1

Changes in the function of external respiration in patients with PC, taking into account the time of the diagnosis

Пациенты	Степень нарушений			Типы нарушений		
	I	II	III	Смешанный	Обструктивный	Рестриктивный
Силикоз						
до 1997 г.	31,3±9,1*	30,2±9,2	6,0±7,4	63,1±10,0**	4,0±4,3	8,1±6,9
после 1997 г.	25,0±9,8	27,1±10,5	11,0±10,0	65,1±0,5	5,1±0,6	12,4±0,5
Силико- туберкулез						
до 1997 г.	21,2±4,1	23,0±4,1	55,2±4,7** *	72,0±4,5	1,0±0,2	15,3±4,5
после 1997 г.	32,2±9,4	21,0±7,6	20,2±8,0	50,1±10,0* *	15,2±7,8	4,3±3,9
Интерстици- альная форма						
до 1997 г.	40,0±9,8	38,1±10,2	20,0±10,0	63,3±10,0	10,1±6,7	21,0±7,9
после 1997 г.	36,0±8,8	37,0±12,7	15,5±11,0	60,0±12,0* *	12,0±11,2	26,0±9,2
Смешанная форма						
до 1997 г.	40,8±0,9	30,0±0,8	5,0±0,1	35,1±12,2	10,0±0,5	30,0±0,8
после 1997 г.	41,2±0,5	12,0±0,4	3,3±0,2	37,1±0,4	2,1±0,3	20,0±0,5

Примечание: *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001

Note: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

При силикотуберкулезе до 1997 года выраженные нарушения ФВД достоверно ($p < 0,001$) отмечались у 55,2%, обструктивно-рестриктивный (смешанный) тип вентиляционных нарушений у 72,0%. После 1997 года значимых изменений не наблюдалось.

При интерстициальной форме до и после 1997 года чаще всего отмечались незначительные изменения ФВД смешанного характера.

При смешанной форме ПК выявлялись менее значительные изменения после 1997 года, в основном обструктивно-рестриктивный тип нарушений ФВД.

При анализе рентген-снимков у пациентов с узелковой формой ПК (70,0%) до 1997 года отмечались выраженные диффузные изменения в легких - профузия 2 и 3, затемнения в виде малых округлых теней типа «р» (40,0%), «q» (31,2%), которые локализовались в основном в верхних, средних поясах обоих легких, без тенденции к слиянию. После 1997 года главным образом выявлялись умеренные профузии 1 и 2, узелковая форма встречалась реже (табл. 2).

Интерстициальные формы ПК до 1997 года характеризовались диффузным фиброзом легких (типа «s» (39,0%), «s/t» (10,0%) на фоне нерезко выраженной степени профузии ($p < 0,05$). После 1997 года достоверно преобладали ($p < 0,05$) интерстициальные формы (51,0%) над узелковыми формами ПК (30,2%). Также чаще всего выявлялись обызвествленные, нерезко увеличенные внутригрудные лимфатические узлы в корнях легких.

Смешанная форма ПК представлена была в основном нерезко выраженным интерстициальным фиброзом в виде линейных затемнений типа «s», «s/t», редко типа «р», «q».

Силикотуберкулез до 1997 г. характеризовался умеренными и выраженными диффузными изменениями в легких (профузии 2 у 35,0% и 3 у 65,0%) и сформированным массивным фиброзом за счет воздействия большой концентрации высокофиброгенной пыли. Преобладали узелковые затемнения типа «р» (50,0%) и «q» (30,0%).

После 1997 года силикотуберкулез протекал с менее выраженными рентгенологическими проявлениями, но при этом отмечалось быстрое прогрессирование ПК за счет туберкулезного процесса.

ПК чаще регистрировался у мужчин и связано это было, вероятно, с тем, что в промышленных профессиях основную массу занимают мужчины - 87 % и только 13% - женщины.

Обсуждение. В настоящее время, проблема пылевых заболеваний легких, вызванных воздействием промышленных фиброгенных аэрозолей является актуальной не только для Российской Федерации, но и для большинства ведущих экономик мира, что связано со значительными финансовыми потерями, как со стороны пациента, так и предприятий [11,12,13]. Высокий риск развития пылевой патологии легких встречается в машиностроительной и горнодобывающей промышленности, причем наиболее пылеопасными являются профессии обрубщика литья, наждачника, полировщика, заточника, формовщика, шлифовщика, шихтовщика, земледела, проходчика, газоэлектросварщика, горнорабочего очистного забоя [14,15,16]. Заболевания легких,

вызванные воздействием промышленных аэрозолей, имеют чаще всего хроническую форму, начальные стадии этих заболеваний протекают бессимптомно не только клинически, но и рентгенологически, а используемые при проведении периодических медицинских осмотров функциональные и иммунологические тесты недостаточны для ранней диагностики пневмокониозов от воздействия различных видов промышленных фиброгенных аэрозолей [17]. Остаются недостаточно изученными особенности течения пылевых заболеваний легких на ранних стадиях патологического процесса, не выявлены функциональные и биологические маркеры - критерии индивидуального прогноза состояния пациента при данной патологии [18,19, 20,21].

Силикоз, развивающийся от воздействия высоко- и умереннофиброгенной пыли при содержании до 70% и более свободного диоксида кремния, преобладал в горнорудной промышленности у проходчиков, забойщиков, взрывников, в машиностроительной промышленности у обрубщиков, формовщиков, пескоструйщиков и характеризовался основными симптомами - одышкой, кашлем, болью в грудной клетке [22,23]. Рентгенологическая картина была представлена фиброзом легочной ткани, фиброзными изменениями плевры, корней легких. При узелковой форме отмечались затемнения в виде малых округлых теней типа «р» (40,0%), «q» (31,2%), которые локализовались в основном в верхних, средних поясах обоих легких, без тенденции к слиянию. Интерстициальные формы силикоза проявлялись наличием линейных затемнений типа «s» (39,0%), «s/t» (10,0%).

Силикотуберкулез – пневмокониоз, вызванный вдыханием кварцевой пыли и осложненный туберкулезом легких. Чаще всего встречался у лиц определенных профессиональных групп: пескоструйщиков, рабочих золотодобывающих горнорудных комплексов, шахтеров-угольщиков, рабочих литейных цехов [24]. Присоединение или активация туберкулезной инфекции сопровождалась ухудшением течения силикоза: подъемом температуры, нарастанием интоксикации, усилением одышки, появлением кашля с мокротой гнойного характера, кровохарканьем, прогрессирующим снижением веса. Наиболее часто туберкулезная инфекция отягощала течение узелкового силикоза II-III стадии, реже – интерстициальной формы пневмокониоза. Узелковый силикоз I стадии осложнялся туберкулезом легких у 15-20% пациентов, II стадии у 25-30% больных, а III стадии - в 60-70 % случаев. При этом в ранней стадии в большинстве случаев возникали очаговый или инфильтративный туберкулез легких, а в поздних – фиброзно-кавернозная или диссеминированная форма. При рентгенологическом исследовании: на фоне диффузного крупно-сетчатого фиброза и типичных для силикоза симметричных узелковых высыпаний типа «р» (50,0%) и «q» (30,0%) в средних и нижних долях появлялись туберкулезные очаги, инфильтраты, силикотуберкуломы, каверны, преимущественно расположенные в верхушечных областях. Для силикотуберкулеза характерно утяжеление течения как силикотического, так и туберкулезного процессов.

Исходя из этого, представляется актуальным проведение комплексного анализа клинических, инструментальных показателей при силикозе и пневмокониозе от воздействия высокодисперсных сварочных аэрозолей, как чаще всего встречаемых формах пылевых заболеваний легких, для подготовки системного подхода к ранней диагностике и прогнозу

течения данных заболеваний, обоснования экономически выгодных экспертных, диагностических, лечебных и профилактических мероприятий.

Заключение. Таким образом, проанализировав медицинскую документацию пациентов с ПК за период с 1972 по 2019 гг. выявлено, что имеются особенности течения различных форм ПК. До 1997 года ПК протекал тяжелее и характеризовался ранним появлением жалоб, с более выраженными функциональными и рентгенологическими изменениями в легких, с преобладанием классических форм ПК: силикоз узелковой формы, силикотуберкулез. При силикотуберкулезе отмечалось быстрое прогрессирование ПК за счет туберкулезного процесса. После 1997 года отмечалось более доброкачественное развитие ПК, чаще встречались интерстициальные, смешанные формы. По-видимому, это было связано с изменением состава промышленной пыли - уменьшилась доля веществ фиброгенного действия и снизились их концентрации, появились вещества аллергизирующего, цитотоксического, раздражающего действия.

В настоящее время наблюдается тенденция к снижению заболеваемости пневмокониозом ввиду реализации комплексных мер по улучшению условий труда работников и медико-социальных мероприятий для профилактики и реабилитации работников, подвергающихся воздействию промышленных аэрозолей.

Таблица 2

Рентгенологические особенности у пациентов с силикозом и силикотуберкулезом в РБ 1972-2019 гг.

Table 2

Radiological specificities in patients with silicosis and silicotuberculosis in the Republic of Bashkortostan, 1972-2019

Группы обследованных	n	Рентгенологические изменения в легких									
		Диффузные паренхимальные изменения									
		профузия				тип затемнений					
		0	1	2	3	s	t, st	u	p	q	r
Силикотуберкулез в 1972-1997 гг.	109	0	0	35,0±2,7	65,0±2,5	0	0	12,2±3,3	50,0±3,7	30,0±3,7	3,5±2,5
Силикотуберкулез в 1997-2019 гг.	5	0	30,4±7,3	20,0±7,3	50,1±3,5*	0	0	8,1±4,2	37,3±8,7	55,1±8,9	0
Силикоз (узелковая форма) в 1972-1997 гг.	58	0	0	29,8±0,3	70,0±0,4	0	0	0	40,0±0,4	31,2±0,5	0
Силикоз (узелковая форма) в 1997-2019 гг.	25	0	36,1±7,3	52,0±7,5	12,4±10,0	0	0	0	20,2±11,2	10,0±8,2	0
Силикоз (интерстициальная форма)	21	0	11,8±8,7	70,0±10,2*	17,8±8,7	39,0±11,2	10,0±7,8	0	0	0	0

в 1972-1997 гг.											
Силикоз (интерстициальная форма)	22	0	8,1±9,4	72,0±12,5***	20,1±10,5	40,1±11,8	10,8±4,5*	0	0	0	0
в 1997-2019 гг.											
Силикоз (смешанная форма)	65	0	28,2±0,6	46,0±0,4	25,8±0,4	16,1±0,5	24,3±0,6	0	11,0±0,4	4,1±0,5	0
в 1972-1997 гг.											
Силикоз (смешанная форма)	55	0	4,0±0,6	58,0±0,5	37,8±0,5	13,7±0,4	26,0±0,4	0	3,2±0,5	2,5±0,6	0
в 1997-2019 гг.											

Примечание: *p<0,05, ***p<0,001

Note: *p<0.05, ***p<0.001

Список литературы:

1. Васильева, О.С. Пневмокониоз. Русский медицинский журнал. 2010;24:1441-1448.
2. Гимранова Г.Г., Бакиров А.Б., Валеева Э.Т., Шагалина А.У., Галимова Р.Р., Волгарева А.Д.[и др., сост.]. Профессиональные заболевания органов дыхания, вызванные воздействием промышленных аэрозолей. Учебное пособие. Уфа;2016.
3. Артемова Л.В., Баскова Н.В., Бурмистрова Т.Б. [и др.] Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике пневмокониозов. Медицина труда и промышленная экология. 2016;1:36-48.
4. Косарев В.В., Бабанов С.А. Профессиональные болезни.М.; 2011:252.
5. Бабанов С.А., Будащ Д.С. Современные подходы к диагностике профессиональных заболеваний легких. Санитарный врач. 2016; 2:30-40.
6. Плюхин А.Е., Бурмистрова Т.Б., Постникова Л.В., Ковалева А.С. Пневмокониозы в условиях современных промышленных производств. Медицина труда и промышленная экология.2013;7:22-27.
7. Бабанов С.А., Стрижаков Л.А., Лебедев М.В. [и др.] Пневмокониозы. Современные взгляды. Терапевтический архив. 2019;3:107-113.
8. Власов В.Г., Лаптев В.Я., Логвиненко И.И., Смирнова Е.Л., Бровченко Е.П., Миронова М.В. Возможности использования рентгенографии и компьютерной томографии высокого разрешения в клинике пневмокониозов. Медицина труда и промышленная экология.2011;10:13-16.
9. Стецюк, Л. Д. Компьютерная томография в клинической оценке профессиональной бронхолегочной патологии. Автореф.дисс...к.м.н. М., 2016.
10. Комарова Т.А. Рентгенологические изменения в легких при современных формах профессиональной бронхолегочной патологии от воздействия сварочного аэрозоля. Автореферат.М: 2009.
11. Артамонова В.Г., Мухин Н.А. Профессиональные болезни. Учебное пособие. М.,2004:480.
12. Измеров Н.Ф. [ред.] Профессиональная патология. Национальное руководство. М., 2011;784.
13. Cullinan P., Reid P. Pneumoconiosis.Prim Care Respir J. 2013 Jun; 22(2): 249-252.
14. Интерстициальные и орфанные заболевания легких. М., 2016:560.
15. Behr J., Demedts M., Buhl R., et al: Lung function in idiopathic pulmonary fibrosis-extended analyses of the IFIGENIA trial. Respir Res 2009;10:101.
16. Brown T. Silica exposure, smoking, silicosis and lung cancer - complex interactions. Occup Med (Lond). 2009 Mar;59(2):89-95.
17. Fireman E. Man-made mineral fibers and interstitial lung diseases. Curr Opin Pulm Med. 2014 Mar;20(2):194-198.
18. Global initiative for chronic obstructive lung disease, 2016. [Electronic recourse] <http://goldcopd.org>.
19. Bonilla Hernan G. Pulmonary manifestations of collagen diseases. Arch Bronconeumol. 2013 Jun;49(6):249-260.
20. Будкарь Л.Н., Терешина Л.Г., Обухва Т.Ю. [и др.] Влияние курения на развитие пневмокониозов и пылевых бронхитов. Уральский медицинский журнал. 2011;9:60-64.

21. Цидильковская Э.С., Гультяев М.М., Постникова Л.В. Особенности клинических и иммунологических показателей при профессиональных заболеваниях органов дыхания. Российский аллергологический журнал. 2011; 4: 410-411.
22. Профессиональные заболевания органов дыхания: национальное руководство. М., 2015:792.
23. Артамонова В.Г., Фишман Б.Б., Лашина Е.Л. Силикатозы. СПб., 2003:328.
24. Улановская Е.В., Никонова С.М., Лашина Е.Л., Арчакова Л.И., Гаврилов П.В. Силикотуберкулез. Туберкулез и болезни легких. 2015;(5):183-184.

References:

1. Vasilyeva, O.S. Pneumoconiosis. Russkiy meditsinskiy zhurnal. 2010; 24:1441-1448.
2. Gimranova G.G., Bakirov A.B., Valeeva E.T., Shagalina A.U., Galimova R.R., Volgareva A.D. [et al., comp.] Occupational respiratory diseases caused by exposure to industrial aerosols . Uchebnoe posobie. Ufa; 2016: 89.
3. Artemova L.V., Baskova N.V., Burmistrova T.B. [et al.] Federal Clinical Guidelines for the Diagnosis, Treatment and Prevention of Pneumoconiosis. Meditsina truda i ekologiya cheloveka. 2016; 1:36-48.
4. Kosarev V.V., Babanov S.A. Professionalnye bolezni. – М.; 2011:252.
5. Babanov S.A., Budash D.S. Modern approaches to the diagnosis of occupational lung diseases. Sanitarny vrach. 2016; 2:30-40.
6. Plyukhin A.E., Burmistrova T.B., Postnikova L.V., Kovaleva A.S. Pneumoconiosis in modern industrial production. Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya. 2013; 7:22-27.
7. Babanov S.A., Strizhakov L.A., Lebedev M.V. [and others] Pneumoconiosis. Modern views. Terapevticheskiy arkhiv. 2019;3:107-113.
8. Vlasov V.G., Laptev V.Ya., Logvinenko I.I., Smirnova E.L., Brovchenko E.P., Mironova M.V. Possibilities of using radiography and high-resolution computed tomography in the clinic of pneumoconiosis. Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya. 2011;10: 13-16.
9. Stetsyuk, L. D. Computed tomography in the clinical assessment of occupational bronchopulmonary pathology. Abstract of the PhD thesis (Med.). М., 2016:23.
10. Komarova T.A. X-ray changes in the lungs in modern forms of professional bronchopulmonary pathology from exposure to welding aerosol. Abstract of the PhD thesis. М., 2009.
11. Artamonova V.G., Mukhin N.A. Occupational diseases. Uchebnoe posobie. М., 2004: 480.
12. Izmerov N.F. [ed.] Occupational pathology. Natsionalnoye rukovodstvo. М., 2011; 784.
13. Cullinan P., Reid P. Pneumoconiosis. Prim Care Respir J. 2013 Jun; 22(2): 249-252.
14. Interstitial and orphan lung diseases. М., 2016:560.
15. Behr J., Demedts M., Buhl R., et al: Lung function in idiopathic pulmonary fibrosis-extended analyses of the IFIGENIA trial. Respir Res 2009;10:101.
16. Brown T. Silica exposure, smoking, silicosis and lung cancer - complex interactions. Occup Med (Lond). 2009 Mar;59(2):89-95.
17. Fireman E. Man-made mineral fibers and interstitial lung diseases. Curr Opin Pulm Med. 2014 Mar; 20(2):194-198.

18. Global initiative for chronic obstructive lung disease, 2016. [Electronic recourse] <http://goldcopd.org>.
19. Bonilla Hernan G. Pulmonary manifestations of collagen diseases // Arch Bronconeumol. 2013 Jun;49(6):249-260.
20. Budkar L.N., Tereshina L.G., Obukhva T.Yu. [et al.] Influence of smoking on the development of pneumoconiosis and dust bronchitis. Uralskiy Meditsinskiy Zhurnal. 2011; 9: 60-64
21. Cydilkovskaya E.S., Gulyaev M.M., Postnikova L.V. Features of clinical and immunological indicators in professional diseases of the respiratory system. Rossiskiy allergologicheskiy zhurnal. 2011; 4: 410-411.
22. Occupational respiratory diseases: national guidelines. M., 2015:792.
23. Artamonova V.G., Fishman B.B., Lashina E.L. Silikatozy. St. Petersburg, 2003:328.
24. Ulanovskaya E.V., Nikonova S.M., Lashina E.L., Archakova L.I., Gavrilov P.V. Silicotuberculosis. Tuberkulez i bolezni lyegkikh. 2015;(5):183-184.

Поступила/Received: 26.08.2022

Принята в печать/Accepted: 24.11.2022

УДК 613.955; 613.956

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЗДОРОВЛЕНИЯ ДЕТЕЙ, ОТДОХНУВШИХ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД В СТАЦИОНАРНЫХ ЗАГОРОДНЫХ ЛАГЕРЯХ И ОРГАНИЗАЦИЯХ С ДНЕВНЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ

Зубцовская Н.А., Новикова И.И., Лобкис М.А., Романенко С.П.

ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора,
Новосибирск, Россия

Стационарные загородные лагеря и лагеря с дневным пребыванием на сегодняшний день – это наиболее популярные формы организованного отдыха и оздоровления детей.

Цель исследования – сравнительная оценка эффективности оздоровления у детей, отдохнувших в 2022 году в разных типах организаций.

Материалы и методы. Исследование заключалось в анализе результатов медицинских осмотров детей, отдохнувших в организациях отдыха и оздоровления в 2022 году в 15 субъектах РФ. В программное средство «Оценка эффективности и организации оздоровления детей» внесены результаты антропометрических и физиометрических измерений 70 804 детей. Эффективность оздоровления оценивалась по показателям динамики длины и массы тела, кистевой силы рук, жизненной емкости легких за период оздоровительной смены (21 день).

Результаты. Сравнительная оценка эффективности оздоровления с учетом возраста и физического развития детей, отдохнувших в организациях с разным типом функционирования показала, что в целом удельный вес детей, получивших высокий эффект оздоровления, был выше в стационарных загородных организациях в сравнении с организациями с дневным пребыванием, что также подтверждается более высокими темпами динамики всех показателей эффективности оздоровления. Данное явление характерно для всех возрастных групп, кроме детей 7 и 8 лет, однако выявленная особенность не является статистически значимой. В ходе анализа выявлены особенности динамики показателей эффективности оздоровления для детей с разным физическим развитием.

Заключение. Полученные результаты исследования подтверждают данные литературных источников о том, что отдых в стационарных загородных организациях в целях оздоровления является более эффективным, чем в организациях с дневным пребыванием, однако в ходе исследования было определено, что для детей дошкольного и младшего школьного возраста предпочтительной формой организованного отдыха все-таки являются лагеря с дневным пребыванием. Выявленные особенности динамики показателей эффективности оздоровления с учетом возраста и физического развития ребенка являются предпосылкой для совершенствования существующей методики оценки эффективности оздоровления детей.

Ключевые слова: эффективность оздоровления детей, показатели физического развития детей, организации отдыха детей и их оздоровления.

Для цитирования: Зубцовская Н.А., Новикова И.И., Лобкис М.А., Романенко С.П.

Сравнительная оценка эффективности оздоровления детей, отдохнувших в летний период в стационарных загородных лагерях и организациях с дневным пребыванием. *Медицина труда и экология человека*. 2023;1:49-67.

Для корреспонденции: Зубцовская Нина Александровна – научный сотрудник организационно-методического отдела ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора; e-mail: zubtsovskaya_na@niig.su.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10104>

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF CHILDREN'S HEALTH PROMOTION IN CHILDREN'S COUNTRYSIDE SUMMER CAMPS AND DAY STAY INSTITUTIONS

N.A. Zubtsovskaya, I.I. Novikova, M.A. Lobkis, S.P. Romanenko

Novosibirsk Research Institute of Hygiene of Rospotrebnadzor, Novosibirsk, Russia

Stationary countryside camps and day camps are by far the most popular forms of organized recreation and health promotion for children.

Purpose of the study. *Comparative assessment of the recovery effectiveness of children who had rest in different types of organizations in 2022.*

Materials and Methods. *The study consisted of an analysis of the results of medical check-ups of children who had rest in recreation and health promotion organizations in 15 subjects of the Russian Federation in 2022. The results of anthropometric and physiometric measurements of 70,804 children were entered into the software tool "Evaluation of the effectiveness and organization of children's recovery". The recovery efficiency was assessed according to the dynamics of body length and weight, hand strength, and lung capacity during a recovery shift (21 days).*

Results. *A comparative assessment of the recovery effectiveness, taking into account the age and physical development of children having rest in the organizations with different types of functioning showed that in general the proportion of children who received a high effect of recovery was higher in stationary countryside organizations compared with organizations with day care, which is also confirmed by the higher rates of dynamics of all indicators of recovery efficiency. This phenomenon is typical of all age groups, except of 7 and 8 year-old children. During the analysis the dynamics peculiarities of the indicators of health promotion efficiency for children with different physical development were revealed.*

Keywords: *efficiency of children's health promotion, indicators of children's physical development, organization of recovery for children and their health promotion.*

Citation: N.A. Zubtsovskaya, I.I. Novikova, M.A. Lobkis, S.P. Romanenko. *Comparative assessment of the effectiveness of children's health promotion in children's countryside summer camps and day stay institutions. Occupational health and human ecology*. 2023;1:49-67.

Correspondence: Nina A. Zubtsovskaya - Keresearcher at the organizational and methodological Department of the Novosibirsk Research Institute of Hygiene of Rospotrebnadzor; e-mail: zubtsovskaya_na@niig.su.

Financing: The study had no financial support.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10104>

Введение. Летний организованный отдых – наиболее эффективная форма оздоровления, которая позволяет максимально использовать благоприятные природные условия с целью увеличения внутренних резервов организма ребенка [1]. Функциями организованного летнего отдыха являются: оздоровительная, развивающая, образовательная, культурологическая, психотерапевтическая, коммуникативная [2].

Многими исследователями подчеркивается важность организованного летнего отдыха для укрепления здоровья и гармоничного физического развития детского организма [3-14]. Несмотря на увеличивающееся с каждым годом многообразие форм летнего отдыха и оздоровления детей, именно пребывание детей в стационарных загородных организациях является наиболее эффективной из них [5,15-18]. Несмотря на то что методика оценки эффективности оздоровления детей за годы существования детских оздоровительных организаций претерпевала множество изменений, основными показателями, обеспечивающими объективность, простоту исполнения, низкую экономическую затратность оценки эффективности оздоровления являются показатели динамики физического развития детей за период оздоровительной смены, а именно – изменения длины, массы тела, кистевой силы рук и жизненной емкости легких.

Согласно данным Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, из всех детей, отдохнувших в организациях отдыха и оздоровления, преимущественное большинство выбирает стационарные загородные лагеря и лагеря дневного пребывания (2022 г. – 77%; 2021 г.- 78,2%; 2020 г. – 58,9%) [19,20]. Лагеря дневного пребывания организуются на базе общеобразовательных и дошкольных организаций, организаций дополнительного образования, спортивных учреждений, центров социальной реабилитации и направлены на отдых, оздоровление, развитие детей и подростков в каникулярный период [21,22].

Одной из проблем, снижающей темпы развития детского отдыха в РФ, принято считать высокую стоимость путевок в загородные детские лагеря [23]. В таком случае лагеря с дневным пребыванием являются более доступной формой отдыха для многих детей, особенно для детей дошкольного и младшего школьного возраста, для которых длительная разлука с родителями может являться большим стрессом [5].

Исследователи, изучающие влияние отдыха в лагерях с дневным пребыванием на физическое развитие и оздоровление детей, отмечают его положительный эффект [24,25]. С другой стороны, отдых в пришкольных лагерях не обеспечивает в полной мере качественное оздоровление детей и подростков [5,26-29].

Так, например, авторами научных работ по сравнительной оценке эффективности оздоровления в лагерях разного типа были сделаны следующие выводы: у детей с

круглосуточным пребыванием в стационарном лагере отмечается статистически достоверный более высокий прирост показателей жизненной емкости легких (ЖЕЛ) и минутного объема дыхания в конце смены, чем у детей, отдохавших в лагерях с дневным пребыванием [30]. При оценке эффективности оздоровления детей 8-11 лет, отдохавших в лагерях разного типа, высокий эффект оздоровления наблюдался в обеих группах, при этом более высокий уровень выявлен в группе детей, отдохавших в загородном лагере. Слабый эффект оздоровления был наиболее выражен в группе детей, отдохавших в лагере дневного пребывания [31].

Ежегодно количество детей в нашей стране, отдыхающих в лагерях дневного пребывания, как правило, всегда больше в 1,5-1,6 раза, чем детей, отдыхающих в стационарных загородных организациях отдыха и оздоровления [21]. Поэтому оценка и анализ эффективности оздоровления таких детей является актуальными на сегодняшний день, а сравнительная оценка представляет как научный, так и практический интерес.

Цель исследования – сравнительная оценка эффективности оздоровления у детей, отдохавших в 2022 году в разных типах организаций отдыха детей и их оздоровления.

Материалы и методы. В 2018 г. ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора было разработано и впервые апробировано программное средство (далее - ПС) «Оценка эффективности и организации оздоровления детей». В ходе разработки ПС сформированы региональные реестры оздоровительных организаций по всем субъектам РФ, база для их участия в работе посредством единого информационного поля. В 2019 году разработан и апробирован в ПС проект методических рекомендаций по оценке эффективности оздоровления, в котором оценка проводится с учетом пола, возраста и физического развития ребенка. ПС позволяет оценить эффект оздоровления, как индивидуально для каждого ребенка, так и для коллектива в целом.

Материалы исследования – база данных ПС, в которую внесены результаты антропометрических и физиометрических измерений по 70 804 детям, в т.ч. по 34 766 детям, оздоровленным в стационарных загородных организациях; по 5 414 детям, оздоровленным в стационарных организациях санаторного типа, и 30 624 детям, оздоровленным в организациях с дневным пребыванием.

В 2022 г. в ПС «Оценка эффективности и организации оздоровления детей» работали 15 субъектов РФ, в том числе Новосибирская, Иркутская, Омская, Челябинская, Курганская, Липецкая, Тульская, Московская, Ростовская, Архангельская, Ленинградская области, Алтайский, Краснодарский и Пермский края, Республика Алтай. Всего в пилотном проекте принимали участие 526 лагерей, в том числе 79 стационарных загородных организаций, 4 санатория и 443 лагеря с дневным пребыванием.

Методы исследования. Эффективность оздоровления оценивалась по показателям динамики длины и массы тела, кистевой силы рук, жизненной емкости легких за период оздоровительной смены продолжительностью 21 день. Группы физического развития ребенка: нормальная масса тела (далее - НМТ), избыточная масса тела и ожирение (далее - ИМТ), недостаточная масса тела и дефицит массы тела (далее – ДМТ) определялись по значениям индекса массы тела (стандарты ВОЗ, 2006). Оценка достоверности различий между средними показателями проводилась с помощью параметрических (критерий t-

Стьюдента) и непараметрических (U-тест Манна-Уитни) методов статистического анализа по критерию значимости p .

Результаты. По данным ПС «Оценка эффективности и организации оздоровления детей», высокая эффективность оздоровления отмечалась у 77,6% детей, низкая - у 18,4%, отсутствие эффективности - у 4,0% детей (из них по причине отсутствия положительной динамики в показателях жизненной емкости легких – у 2,9%, по причине отсутствия положительной динамики в показателях кистевой силы рук и жизненной емкости легких – у 1,0% оздоровленных детей).

Анализ показателей эффективности оздоровления по итогам летней оздоровительной кампании 2022 г. суммарно по организациям, принявшим участие в пилотном проекте, свидетельствовал о более высоких показателях эффективности оздоровления, регистрируемых в стационарных организациях санаторного типа (88,2%), далее следуют показатели по стационарным загородным организациям (СЗЛ) (79,0%), наименьшая эффективность оздоровления регистрировалась в лагерях с дневным пребыванием (ЛДП), в которых высокая эффективность оздоровления отмечалась у 74,2% детей (рис. 1).

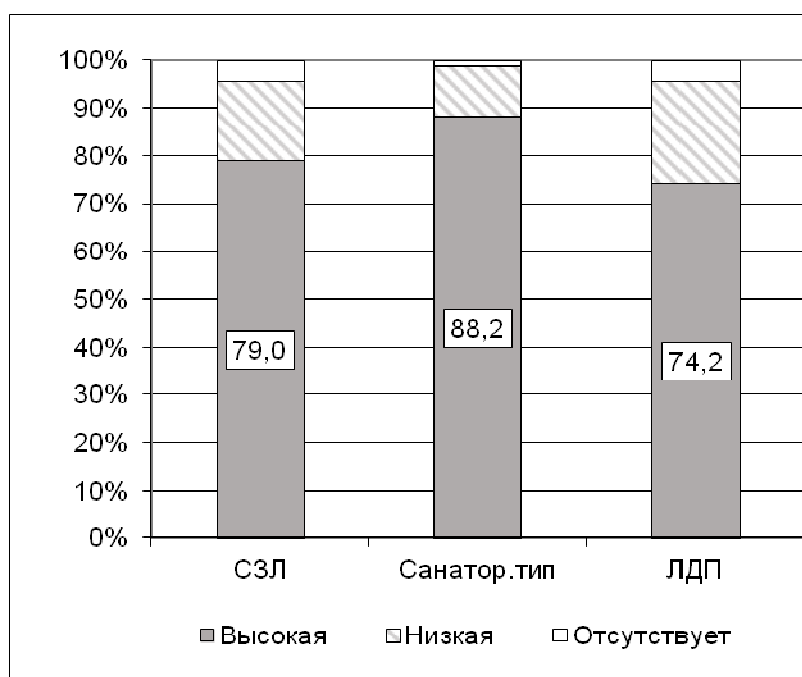


Рис.1 Распределение детей с разной эффективностью оздоровления в трех типах организаций отдыха детей и их оздоровления (%)

Fig. 1 Distribution of children with different efficiency of rehabilitation in three types of organizations for children's recreation and their recovery (%)

Такое ранговое распределение показателей отмечалось по всем возрастным группам детей, за исключением группы 7-8 лет, в которой удельный вес детей с высокой эффективностью оздоровления в организациях с дневным пребыванием детей был выше такового в сравнении со стационарными загородными организациями (рис. 2). Однако указанные различия не являются достоверными ($p > 0,05$).

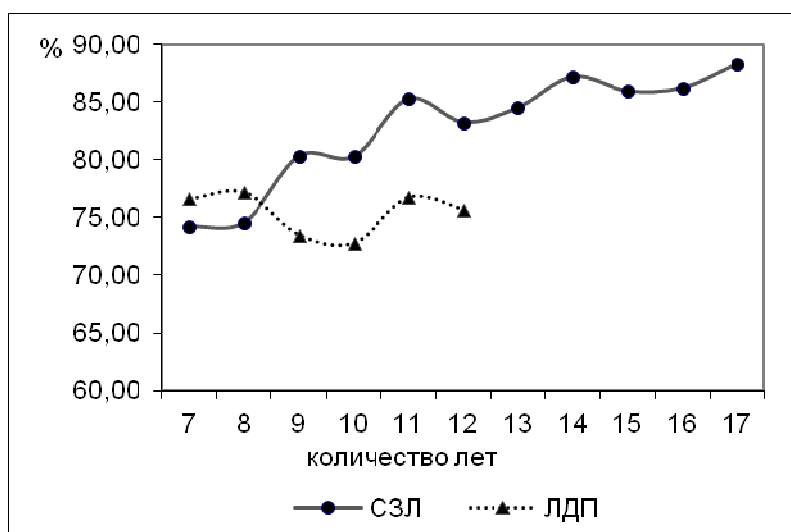
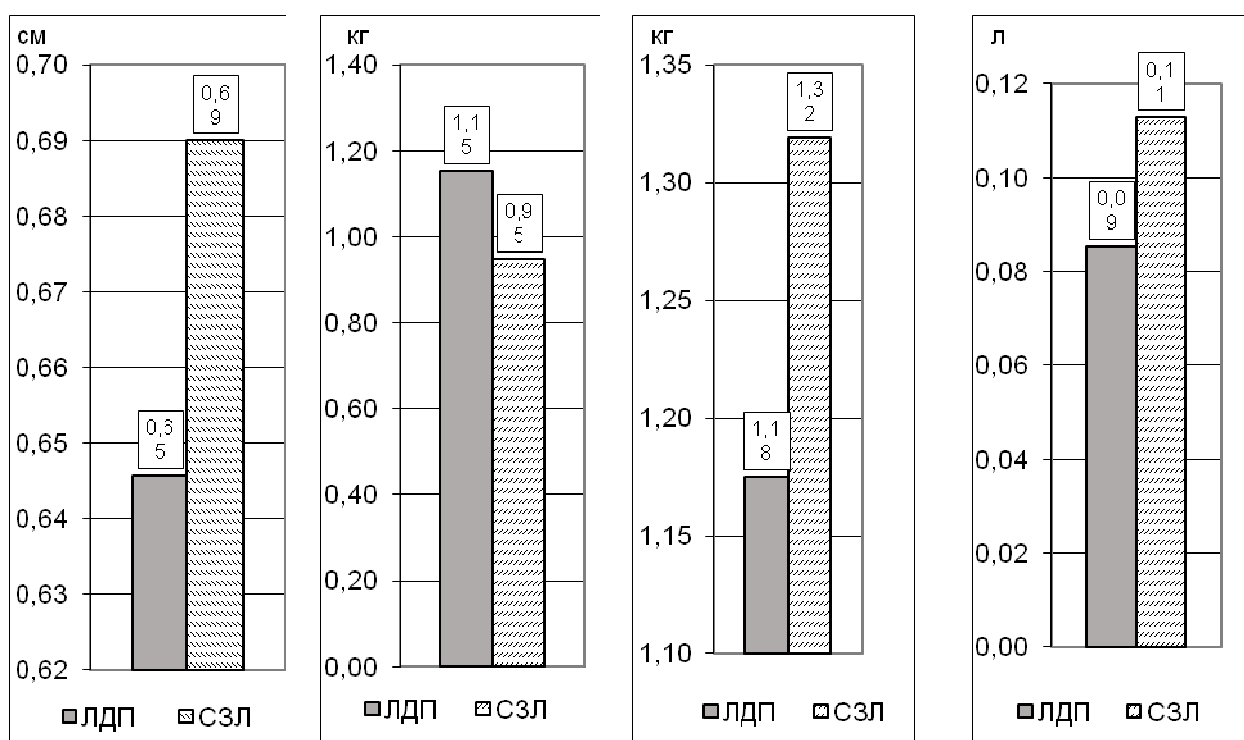


Рис.2. Удельный вес детей с высокой эффективностью оздоровления

Fig. 2. The share of children with high efficiency of recovery



А) длина тела (см)

Б) масса тела (кг)

В) кистевая сила рук (кг)

Г) ЖЕЛ (л)

A) body length (cm)

B) body weight (kg)

C) hand force (kg)

D) VC (l)

Рис.3. Средние прибавки показателей, определяющих эффективность оздоровления детей за смену

Fig.3. Average increase in indicators that determine the effectiveness of the recovery of children per shift

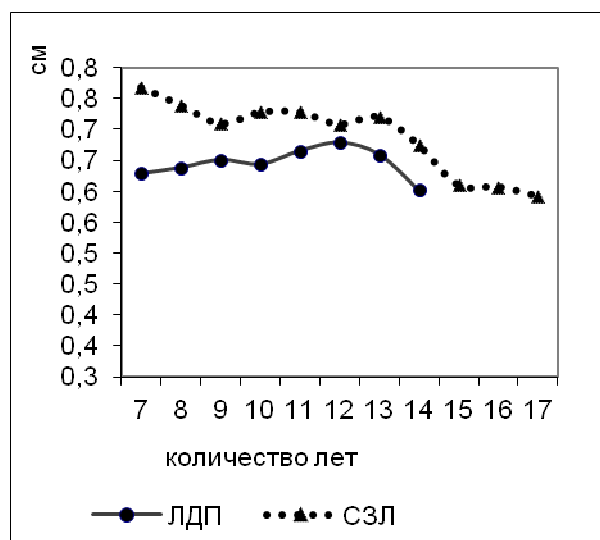
При сравнительной оценке итогов оздоровительных смен стационарных загородных организаций и организаций с дневным пребыванием детей было выявлено, что в целом по всем возрастным группам у детей, оздоровленных в стационарных загородных организациях, показатели прибавок длины тела, кистевой силы рук и жизненной емкости легких были выше, чем у детей из лагерей с дневным пребыванием (рис. 3 – А,Б,В,Г).

При сравнительной оценке показателей, определяющих эффективность оздоровления детей за смену с учетом возраста, было установлено, что в стационарных загородных организациях:

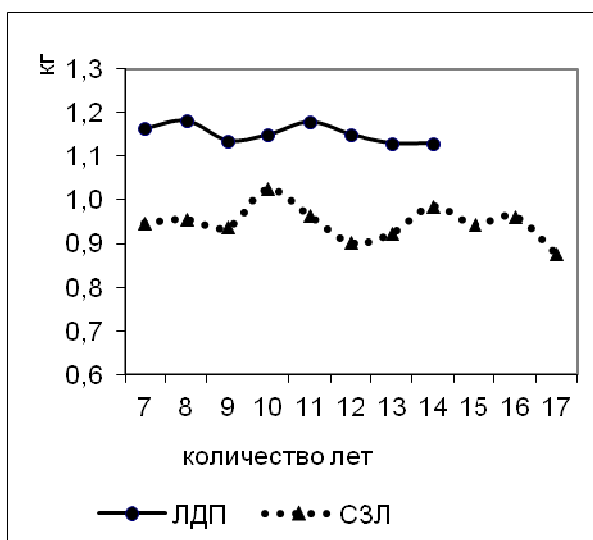
- показатели прибавки длины тела по всем сравниваемым возрастным группам 7-14 лет были значимо выше показателей в организациях с дневным пребыванием детей ($p \leq 0,05$) (рис. 4 А);

- показатели прибавки в массе тела по всем возрастным группам были значимо ниже таковых в сравнении с организациями с дневным пребыванием детей ($p \leq 0,05$) (рис. 4 Б);

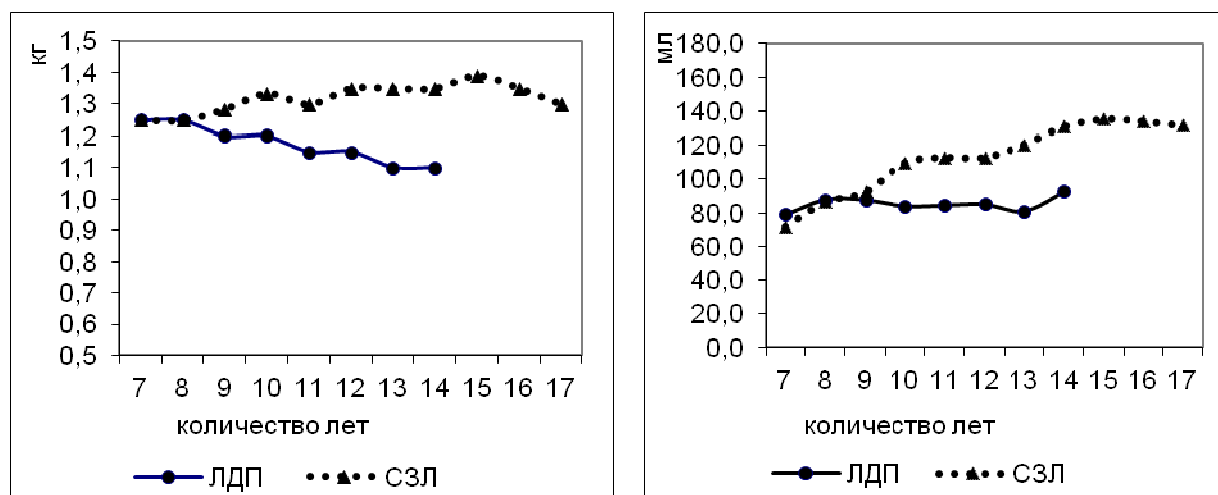
- показатели прибавки кистевой силы рук и жизненной емкости легких были достоверно выше показателей в организациях с дневным пребыванием по возрастной группе детей 9-14 лет и 10-14 лет соответственно ($p \leq 0,05$) (рис. 4 В, Г).



А) длина тела (в см)
A) body length (in cm)



Б) масса тела (в кг)
B) body weight (in kg)



В) кистевая сила рук (в кг)

С) hand strength of the hands (in kg)

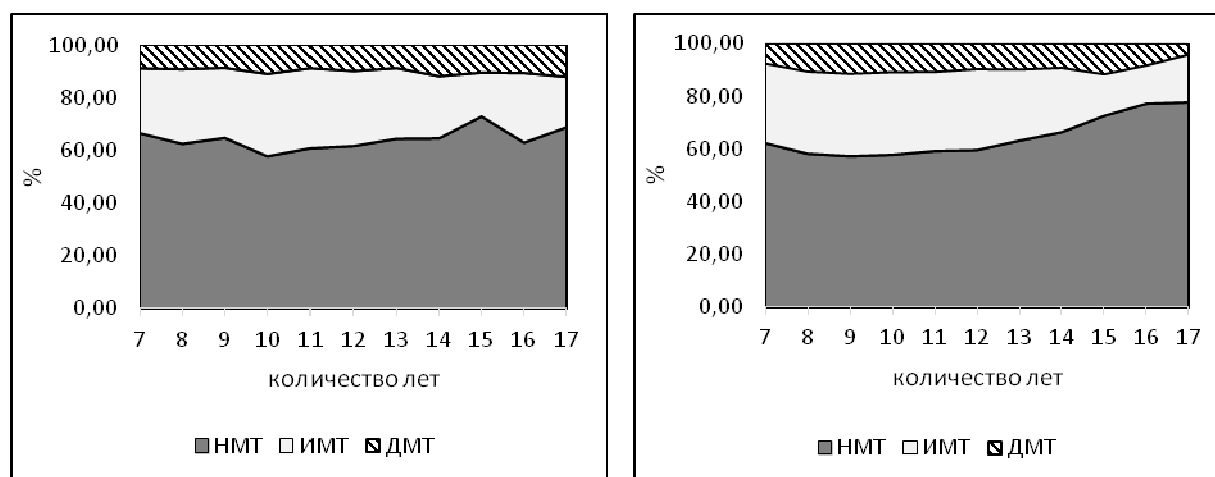
Г) жизненная емкость легких (в мл)

Д) vital capacity (in ml)

Рис. 4. Средние прибавки показателей, определяющих эффективность оздоровления детей за смену в возрастных группах от 7 до 17 лет

Fig. 4. Average increase in indicators that determine the effectiveness of children's recovery per shift in age groups from 7 to 17 years

Среди детей, отдохнувших и оздоровленных в стационарных загородных организациях, большинство - дети с нормальной массой тела – 64,3% (от 57,6% в возрасте 10 лет до 72,8% в возрасте 15 лет), на втором месте по удельному весу - дети с избыточной массой тела и ожирением – 25,6% (15,6% в возрасте 15 лет до 31,3% в возрасте 10 лет) и на третьем месте - дети с недостаточной массой тела и дефицитом массы тела – 10,06% (от 8,7% в возрасте 9 лет до 12% в возрасте 17 лет). В организациях с дневным пребыванием также большинство составляют дети с нормальной массой тела – 64,5% (от 57,1% в возрасте 9 лет до 77,5% в возрасте 17 лет), на втором месте - дети с избыточной массой тела и ожирением – 26,2% (от 14,8% в возрасте 16 лет до 31,65% в возрасте 10 лет), на третьем месте - дети с недостаточной массой тела и дефицитом массы тела – 9,3% (от 4,08% 17 лет до 11,5% в возрасте 15 лет). Несмотря на то что по средним значениям распределение по группам физического развития детей, отдохнувших в разных типах организаций, не имеет статистически достоверных различий, в возрастной группе 7-12 лет в организациях с дневным пребыванием детей с избыточной массой тела и ожирением заметно больше, чем в стационарных загородных организациях (рис.5 А,Б).



А) Дети, отдохавшие в стационарных загородных организациях

A) Children who rested in stationary countryside organizations

Б) Дети, отдохавшие в организациях с дневным пребыванием

B) Children who rested in organizations with a day stay

Рис. 5. Распределение детей по группам физического развития. НМТ – дети с нормальной массой тела; ИМТ – дети с избыточной массой тела и ожирением; ДМТ – дети с недостаточной массой тела и дефицитом массы тела

Fig. 5. Distribution of children by physical development groups. NBW - children with normal body weight; EBW - children with overweight and obesity; BWD - children with underweight and body weight deficiency

При анализе данных с учетом возраста детей и их группы физического развития были выявлены следующие особенности динамики показателей за оздоровительную смену.

У детей с избыточной массой тела и ожирением в сравнении с детьми, имеющими нормальную массу тела:

- показатели прибавки длины тела существенно превышали таковые у детей с нормальной массой тела только по группе детей 15 лет ($p \leq 0,05$) (рис.6 А);

- показатели прибавки массы тела были существенно ниже ($p \leq 0,05$), чем у детей с нормальной массой тела во всех возрастных группах, а по возрастной группе 16-17 лет отмечалась убыль показателя (рис.6 Б);

- показатели прибавки кистевой силы рук были существенно ниже, чем у детей с нормальной массой тела в возрастной группе 7-10 лет ($p \leq 0,05$), и были значимо выше в возрастной группе 14-16 лет ($p \leq 0,05$), в возрастных группах 11-13 лет и 17 лет - значимых различий не имели ($p \geq 0,05$) (рис. 6 В);

- показатели прибавки жизненной емкости легких были значимо ниже, чем у детей с нормальной массой тела в возрастных группах 13-15 лет и 17 лет, ($p \leq 0,05$), по остальным возрастным группам различия не значимы (рис. 6Г).

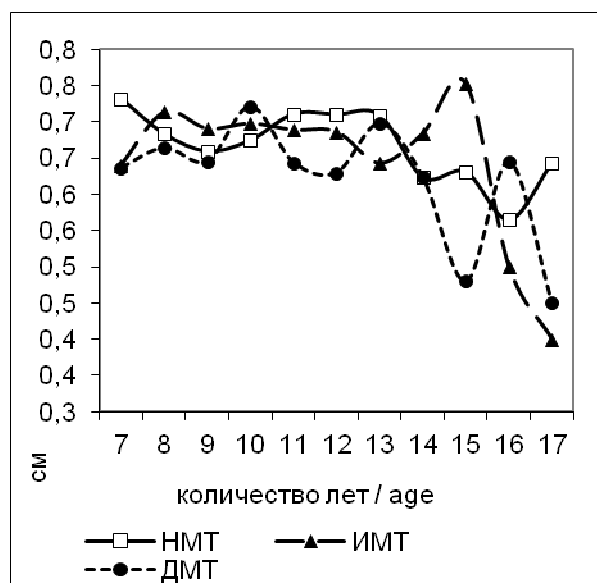
У детей с дефицитом массы тела и недостаточной массой тела в сравнении с детьми, имевшими нормальную массу тела:

- показатели прибавки длины тела были значимо ниже, чем у детей с нормальной массой тела в 11, 12, 15 и 17 лет и были выше только в возрастной группе 16 лет ($p \leq 0,05$) (рис.6 А);

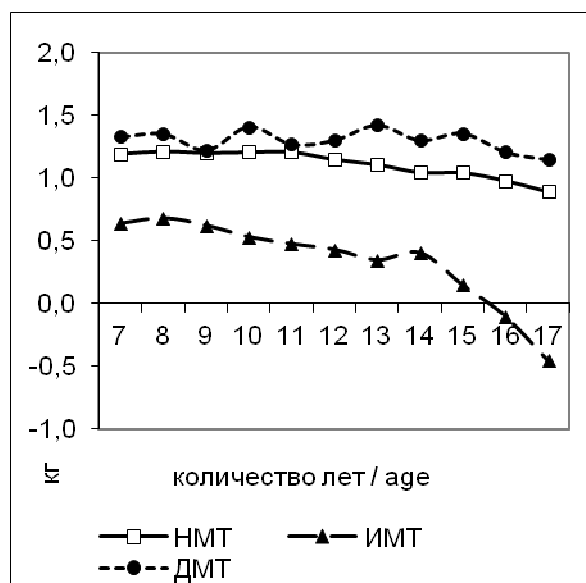
- показатели прибавки массы тела были существенно выше, чем у детей с нормальной массой тела в возрастных группах 10 лет, 13-17 лет ($p \leq 0,05$), а в сравнении с детьми, имевшими избыточную массу тела и ожирения, - по всем возрастным группам ($p \leq 0,05$) (рис.6 Б);

- показатели прибавки кистевой силы рук были значимо ниже, чем у детей с нормальной массой тела в возрастных группах 7 лет и 10-13 лет ($p \leq 0,05$) (рис. 6 В);

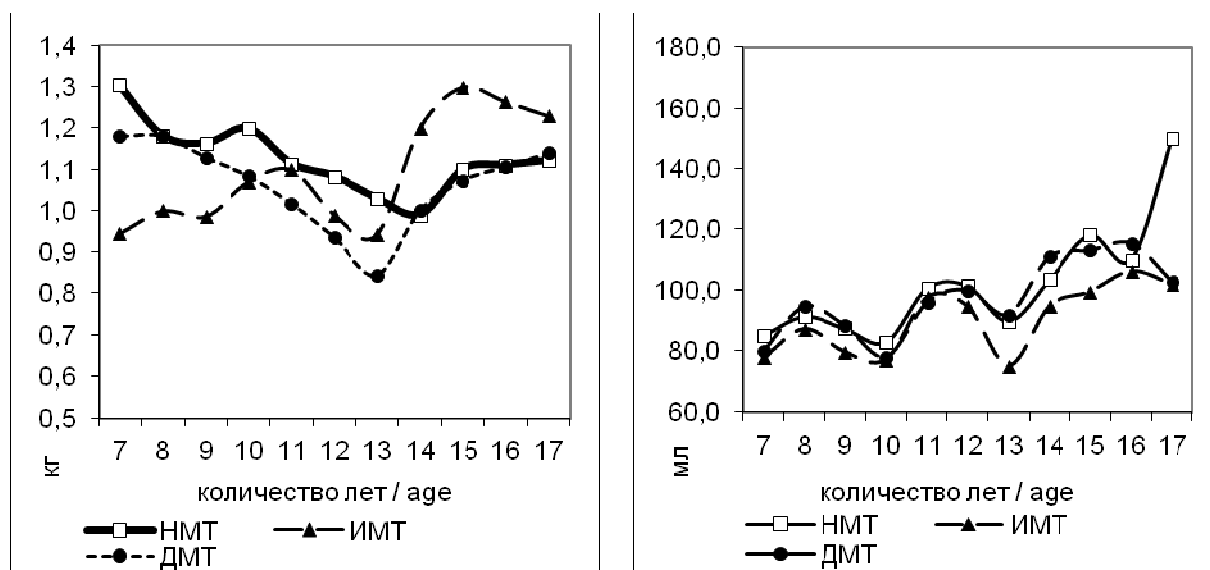
- показатели прибавки жизненной емкости легких у детей в сравнении с детьми с нормальной массой тела не имели значимых различий ($p \geq 0,05$) во всех возрастных группах, за исключением группы 17 лет, в этой возрастной группе они были значимо ниже ($p \leq 0,05$) (рис. 6 Г).



А) длина тела (в см)
A) body length (in cm)



Б) масса тела (в кг)
B) body weight (in kg)



В) кистевая сила рук (в кг)

С) hand strength of the hands (in kg)

Г) жизненная емкость легких (в мл)

Д) vital capacity (in ml)

Рис.6 Динамика показателей, определяющих эффективность оздоровления детей с учетом возраста и физического развития. НМТ – дети с нормальной массой тела; ИМТ – дети с избыточной массой тела и ожирением; ДМТ – дети с недостаточной массой тела и дефицитом массы тела

Fig. 6 Dynamics of indicators that determine the effectiveness of children's recovery, taking into account age and physical development. NBW - children with normal body weight; EBW - children with overweight and obesity; BWD - children with underweight and body weight deficiency

Обсуждение. В ходе анализа результатов медицинских осмотров в детских оздоровительных организациях выявлено, что детей с высокой эффективностью оздоровления меньше всего было в лагерях с дневным пребыванием, что согласуется с данными других авторов о том, что отдых в стационарных загородных организациях является наиболее эффективным с целью оздоровления детей в сравнении с другими типами организаций [5,26-29]. Однако проведенный анализ с учетом возраста выявил, что в возрастной группе детей 7-8 лет удельный вес детей с высоким эффектом оздоровления в организациях с дневным пребыванием был выше такового в стационарных загородных организациях. Вероятно, причина такого явления связана со стрессовым фактором у детей младшего возраста, с более длительной адаптацией к временному расставанию с родителями.

Анализ полученных данных с учетом физического развития и в зависимости от типа организаций выявил особенности динамики показателей: наиболее высокие прибавки в длине тела, силе рук и ЖЕЛ отмечаются у детей, отдохнувших в стационарных загородных организациях [30], а наиболее высокие прибавки в массе тела – у детей из лагерей с дневным пребыванием. У детей с избыточной массой тела в сравнении с детьми с нормальной массой тела в своем большинстве отмечается более низкий темп динамики всех

показателей или отсутствие различий, за исключением длины тела, аналогичные выводы получены в работе по исследованию динамики показателей физического развития детей, отдыхавших в лагерях Нижегородской области [32]. У детей с недостаточной массой тела и дефицитом отмечаются более высокие темпы динамики массы тела и низкие темпы динамики длины тела, по остальным показателям – в большинстве случаев показатели ниже или не имеют существенных различий с показателями детей, имеющих нормальную массу тела, что согласуется с данными других работ [33, 34, 35]. Однако в одной из работ отмечено, что при исследовании оценки эффективности оздоровления детей в 2 организациях отдыха и оздоровления обнаружено, что изменения массы тела за период оздоровительной смены являются недостоверными независимо от групп физического развития [36].

Заключение. Одним из выводов проведенного исследования является то, что для детей 7-8 лет такая форма отдыха и оздоровления, как лагерь с дневным пребыванием, является более эффективной и предпочтительной в сравнении со стационарными загородными лагерями, что может иметь практическое применение в процессе организации отдыха и оздоровления детей.

Выявленные особенности динамики показателей эффективности оздоровления с учетом возраста и физического развития ребенка являются предпосылкой для совершенствования методики оценки эффективности оздоровления детей, а также для планирования научно обоснованной организации деятельности детских оздоровительных лагерей.

Таким образом, научная новизна исследования заключается в комплексном подходе к оценке изменений соматометрических и физиометрических показателей с учетом особенностей возрастной физиологии детей, группы физического развития, формы отдыха и оздоровления.

Список литературы:

1. Новикова И.И., Ерофеев Ю.В., Гришков Д.А., Торсунов О.Г., Толкунова О.В., Савченко О.А. Актуальность научной проработки организации эффективного оздоровления детей в стационарных загородных лагерях. Наука о человеке: гуманитарные исследования. 2015; 4(22):126-129. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-nauchnoy-prorabotki-organizatsii-effektivnogo-ozdorovleniya-detey-v-statsionarnyh-zagorodnyh-lageryah> (дата обращения: 26.10.2022).
2. Царева Н.П. Организация летнего отдыха детей: учебно-методическое пособие. URL: <http://kommunarstvo.ru/biblioteka/bibtsaorg.html> (дата обращения: 17.10.2022).
3. Котенко К.В., Хан М.А., Рассулова М.А., Корчажкина Н.Б., Куянцева Л.В., Быкова Н.И. Программы оздоровления детей в учреждениях оздоровительного типа. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2016; 93(6): 51-55. DOI: 10.17116/kurort2016651-55
4. McCarthy A. Summer camp for children and adolescents with chronic conditions. *Pediatr Nurs.* 2015; 41(5): 245-250. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26665424> (дата обращения: 17.10.2022).

5. Варнавских Е.А., Ляпин В.А., Козырева Ф.У. Формы летнего отдыха и оздоровления детей и подростков (обзор литературы). Омский научный вестник. 2015; 1(138): 41-46. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23884331> (дата обращения: 17.10.2022).
6. Henderson K.A., Bialeschki M.D., James P.A. Overview of Camp Research. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*. 2007;16(4):755-767. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chc.2007.05.010>
7. Mallett L.H., Soto A., Govande J., Ogborn C., Sagar M. Role of asthma camp in improving the overall health of children with asthma. *Proc (Bayl Univ Med Cent)*. 2019;32(1):54-57. DOI: <https://doi.org/10.1080/08998280.2018.1533309>
8. Moola F.J., Faulkner G.E.J., White L., Kirsh J.A. The psychological and social impact of camp for children with chronic illnesses: A systematic review update. *Child: Care, Health and Development*. 2014;40(5):615-631. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25250399> (дата обращения: 17.10.2022).
9. Maslow G.R., Lobato D. Summer camps for children with burn injuries: A literature review. *Journal of Burn Care and Research*. 2010;31(5):740-749. URL: https://www.researchgate.net/publication/45275644_Summer_Camps_for_Children_With_Burn_Injuries_A_Literature_Review (дата обращения: 17.10.2022).
10. Rantala O., Puhakka R. Engaging with nature: nature affords well-being for families and young people in Finland. *Children's Geographies*. 2020;18(4):490-503. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14733285.2019.1685076> (дата обращения: 17.10.2022).
11. Weissberg-Benchell J., Vesco A.T., Rychlik K. Diabetes camp still matters: Relationships with diabetes-specific distress, strengths, and self-care skills. *Pediatric Diabetes*. 2019;20(3):353-360. DOI: <https://doi.org/10.1111/pedi.12836>
12. Walker L. L. M., Gately P. J., Buick B. M., Hill A. J. Children's weight loss camps: psychological benefit or danger? *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*. 2003;27(6):748-754. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12833121> (дата обращения: 17.10.2022).
13. Cooper C., Sarvey S., Collier, D. Willson C., Green I., Pories M.L., et al. For comparison: experience with a children's obesity camp (2006). *Surgery for Obesity and Related Diseases*. 2006;2(6): 622-626. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soard.2006.07.010>
14. Brazendale K., Beets M.W., Weaver R.G., Chandler J.L. Moderate to Vigorous Physical Activity Attending Summer Day Camps. *American Journal of Preventive Medicine*. 2017;53(1):78-84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2017.01.019>
15. Хусаинов А.Э., Поварго Е.А., Шамсутдинова А.Ф. Гигиеническая оценка летней оздоровительной работы в разных видах летних оздоровительных учреждений. Здоровье населения и качество жизни: эл. сб. материалов VII Всеросс. с международным участием заочной научно-практич. конф., Санкт-Петербург, 30 марта 2020 года. Ч. 2. – Санкт-Петербург: Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова, 2020:280-286. – EDN GRGYHL. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45606844> (дата обращения 17.10.2022).

16. Литвинова Е.В. Обеспечение безопасности детей, находящихся на отдыхе. Российская академия медицинских наук. Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья. 2006;2:103–107.
17. Бабина Л.М., Ефименко Н.В., Глухов А.Н., Чалая Е.Н. Перспективные направления в организации санаторно-курортной помощи детям и подросткам. Курортная медицина. 2013;3:84–86. EDN: SEEPXP. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21577373> (дата обращения 17.10.2022).
18. Порохнявая Е.Л. Об организации государственного надзора за отдыхом и оздоровлением детей. Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2010;41(1-2):43–44. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-organizatsii-gosudarstvennogo-nadzora-za-otdyhom-i-ozdorovleniem-detey> (дата обращения: 26.10.2022)
19. Информационные материалы по вопросу об итогах проведения летней оздоровительной кампании 2022 года. URL: file:///C:/Users/admin/Downloads/1-Letnii_otdykh.pdf (дата обращения: 26.10.2022)
20. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. 2022, 340 с. URL: <file:///C:/Users/admin/Downloads/gosudarstvennyy-doklad-RF-2021.pdf> (дата обращения: 26.10.2022)
21. Самарская Н.А., Ильин С.М., Румянцева А.В. Современное состояние сферы детского отдыха и оздоровления: проблемы и перспективы развития. Экономика, предпринимательство и право. 2022;12(9):2561-2578. DOI: 10.18334/ep.12.9.116232
22. Приказ Министерства образования и науки РФ от 13 июля 2017 г. N 656 «Об утверждении примерных положений об организациях отдыха детей и их оздоровления». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71635436/> (дата обращения: 26.10.2022)
23. Голикова О.М. Проблемы современного состояния развития детского отдыха в Российской Федерации 2017. Азимут научных исследований: экономика и управление. 2017;Т 6; №2(19):66-69. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29728844> (дата обращения: 26.10.2022)
24. Михалюк Н.С. Оценка эффективности оздоровительных мероприятий в летних оздоровительных учреждениях с дневным пребыванием детей. Социально-гигиенический мониторинг здоровья населения: Материалы к 22-й Всероссийской научно-практической конференции с Международным участием. Вып. 22. Рязань: РГМУ им. акад. И.П. Павлова, 2018:129-132. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37181127> (дата обращения: 26.10.2022)
25. Демчук Н.Г., Савков А.С. Оценка показателей физической подготовленности как результат оздоровления детей в различных условиях пребывания. Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. 2014;8:38-40. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23627675> (дата обращения: 26.10.2022)
26. Могилев А.В. Информатика в летнем лагере: от олимпиадных задач до геокешинга. Народное образование. 2014;2:200-204. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatika-v-letnem-lagere-ot-olimpiadnyh-zadach-do-geokeshinga> (дата обращения: 26.10.2022).

27. Сенченков Н.П. Формирование политической культуры старшеклассников в условиях профильного лагеря. Педагогика. 2010;2:110-113.
28. Синягин Ю.В. Мониторинг здоровья. Народное образование. 2011;3:102–105. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16495491> (дата обращения: 26.10.2022)
29. Соболева Т.В. Оценка эффективности оздоровления школьников в загородном оздоровительном лагере. Лечебная физкультура и спортивная медицина. 2011;7:51–55. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16406997> (дата обращения: 26.10.2022)
30. Антонова А.А., Яманова Г.А. Сравнительные исследования функционирования дыхательной системы у детей в условиях оздоровительных учреждений. Санитарный врач. 2021;9:66-72. DOI: 10.33920/med-08-2109-07
31. Варнавских Е.А. Оценка влияния формы летнего отдыха на физическое здоровье детей 8-11 лет. Фундаментальные исследования. 2014;4:58-62. URL: https://s.fundamental-research.ru/pdf/2014/2014_04_1.pdf#page=58 (дата обращения: 26.10.2022)
32. Танина Н.А., Иорданская Н.А., Поздеева Т.В. Эффективность оздоровления детей и подростков в летнем загородном учреждении. Медицинский альманах. 2013;6(30):159-161. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21139148> (дата обращения: 26.10.2022)
33. Соболева Т.В. Изменение показателей физического развития детей за время пребывания в оздоровительном лагере. Ярославский педагогический вестник. 2011;3(2):91-94. URL: http://vestnik.yspu.org/releases/2011_2e/19.pdf (дата обращения: 26.10.2022)
34. Новикова И.И., Зубцовская Н.А., Сорокина А.В., Шевкун И.Г. Оценка изменений длины тела ребенка за период оздоровительной смены с учетом физического развития, гендерных и возрастных различий как показатель эффективности оздоровления. Санитарный врач. 2022;10:735-747. DOI:10.33920/med-08-2210-03
35. Зубцовская Н.А. Изменения антропометрических показателей физического развития ребенка за период оздоровительной смены как критерии оценки эффективности оздоровления. Актуальные вопросы гигиены в условиях современных вызовов: материалы межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию Госсанэпидслужбы России, Новосибирск, 14–15 апреля 2022 года. Омск: Изд-во ОмГА, 2022:24-30. ISBN 978-5-98566-215-3. URL: <file:///C:/Users/admin/Desktop/НИИГ/Материалы%20конф.%201415.04.2022%20к%20100%20летию%20РПН.pdf> (дата обращения: 26.10.2022)
36. Гаврюшин М.Ю., Сазонова О.В., Горбачев Д.О., Бородина Л.М., Фролова О.В., Тупикова Д.С. Научное обоснование применения результатов антропометрических исследований и биоимпедансного анализа в качестве критериев оценки эффективности оздоровления детей в летних лагерях. Вестник РГМУ. 2019;2:97-104. DOI: 10.24075/vrgmu.2019.024

References:

1. Novikova I.I., Erofeev Yu.V., Grishkov D.A., Torsunov O.G., Tolkunova O.V., Savchenko O.A. Relevance of the scientific study of the organization of effective rehabilitation of children in stationary country camps. Human science, humanitarian research. 2015; 4(22):126-129. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-nauchnoy-prorabotki-organizatsii-effektivnogo->

- ozdorovleniya-detey-v-statsionarnyh-zagorodnyh-lageryah (дата обращения: 26.10.2022). (In Russian).
2. Tsareva N.P. Organization of summer recreation of children (educational and methodological manual). URL: <http://kommunarstvo.ru/biblioteka/bibtsaorg.html> (Accessed: 17.10.2022). (In Russian).
 3. Kotenko K.V., Khan M.A., Rassulova M.A., Korchazhkina N.B., Kuyantseva L.V., Bykova N.I. Health programs for children in health-improving institutions. Questions of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture. 2016; 93(6): 51-55. DOI: <https://doi.org/10.17116/kurort2016651-55> (In Russian).
 4. McCarthy A. Summer camp for children and adolescents with chronic conditions. *Pediatr Nurs*. 2015; 41(5): 245-250. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26665424> (Accessed: 17.10.2022).
 5. Barnavskikh EA, Lyapin VA, Kozyreva FU Forms of summer recreation and wellness of children and adolescents (literature review). *Omsk Scientific Bulletin*. 2015; 1(138): 41-46. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23884331> (Accessed: 17.10.2022). (In Russian).
 6. Henderson K.A., Bialeschki M.D., James P.A. Overview of Camp Research. *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*. 2007;16(4):755-767. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chc.2007.05.010>
 7. Mallett L.H., Soto A., Govande J., Ogborn C., Sagar M. Role of asthma camp in improving the overall health of children with asthma. *Proc (Bayl Univ Med Cent)*. 2019;32(1):54–57. DOI: <https://doi.org/10.1080/08998280.2018.1533309>
 8. Moola F.J., Faulkner G.E.J., White L., Kirsh J.A. The psychological and social impact of camp for children with chronic illnesses: A systematic review update. *Child: Care, Health and Development*. 2014;40(5):615-631. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25250399> (Accessed: 17.10.2022).
 9. Maslow G.R., Lobato D. Summer camps for children with burn injuries: A literature review. *Journal of Burn Care and Research*. 2010;31(5):740-749. URL: https://www.researchgate.net/publication/45275644_Summer_Camps_for_Children_With_Burn_Injuries_A_Literature_Review (Accessed: 17.10.2022).
 10. Rantala O., Puhakka R. Engaging with nature: nature affords well-being for families and young people in Finland. *Children's Geographies*. 2020;18(4):490-503. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14733285.2019.1685076> (Accessed: 17.10.2022).
 11. Weissberg-Benchell J., Vesco A.T., Rychlik K. Diabetes camp still matters: Relationships with diabetes-specific distress, strengths, and self-care skills. *Pediatric Diabetes*. 2019;20(3):353-360. DOI: <https://doi.org/10.1111/pedi.12836>
 12. Walker L.L. et al. Children's weight loss camps: psychological benefit or danger? *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*. 2003;27(6):748-754. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12833121> (Accessed: 17.10.2022).
 13. Cooper C., Sarvey S., Collier, D. Willson C., Green I., Pories M.L., Rose M.A., Escott-Stump S., Pories W. For comparison: experience with a children's obesity camp (2006). *Surgery for*

- Obesity and Related Diseases. 2006;2(6): 622-626. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soard.2006.07.010>
14. Brazendale K., Beets M.W., Weaver R.G., Chandler J.L. et al. Moderate to Vigorous Physical Activity Attending Summer Day Camps. *American Journal of Preventive Medicine*. 2017;53(1):78-84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2017.01.019>
 15. Khusainov A.E., Povargo E.A., Shamsutdinova A.F. Hygienic assessment of summer health work in various types of summer health institutions. FSBEI HE BSMU, Ufa Population Health and Quality of Life: an electronic collection of materials from the VII All-Russian Conference with international participation of St. Petersburg. 2020; Part 2:280-286. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45606844> (Accessed 17.10.2022). (In Russian).
 16. Litvinova E.V. Ensuring the safety of children on vacation. *Russian Academy of Medical Sciences. Bulletin of the National Public Health Research Institute*. 2006;2:103-107. (In Russian).
 17. Babina L.M., Efimenko N.V., Glukhov A.N., Chalaya E.N. Promising directions in organizing sanatorium-resort assistance to children and adolescents. *Resort medicine*. 2013;3:84-86. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21577373> (Accessed 17.10.2022) (In Russian).
 18. Gunpowder E.L. On the organization of state supervision of recreation and health improvement of children. *Health. Medical ecology. Science*. 2010;41(1-2):43-44. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-organizatsii-gosudarstvennogo-nadzora-za-otdyhom-i-ozdorovleniem-detey> (Accessed 26.10.2022) (In Russian).
 19. Information materials on the results of the summer health campaign in 2022. URL: file:///C:/Users/admin/Downloads/1-Letnij_otdykh.pdf (Accessed 26.10.2022) (In Russian).
 20. On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2021: State Report. M.: Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare. 2022, 340 p. URL: <file:///C:/Users/admin/Downloads/gosudarstvennyy-doklad-RF-2021.pdf> (Accessed 26.10.2022) (In Russian).
 21. Samara N.A., Ilyin S.M., Romyantseva A.V. The current state of the sphere of children's recreation and rehabilitation: problems and prospects of development. *Economics, entrepreneurship and law*. 2022;12(9):2561-2578. DOI: 10.18334/epp.12.9.116232 (In Russian).
 22. Order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation of July 13, 2017 No. 656 "On Approval of Approximate Provisions on Organizations for the Recreation of Children and Their Recovery." URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71635436/> (Accessed 26.10.2022) (In Russian).
 23. Golikova O.M. Problems of the current state of development of children's recreation in the Russian Federation 2017. *API: Economics and governance*. 2017; T. 6; 2(19): 66-69. 2017;6;2(19):66-69. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29728844> (Accessed 26.10.2022) (In Russian).
 24. Mikhalyuk N.S. Assessment of the effectiveness of health-improving activities in summer health-improving institutions with daytime stay of children. *Materials for the 22nd All-Russian*

- Scientific and Practical Conference with International Participation. Issue 22. 2018:129-132. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37181127> (Accessed 26.10.2022) (In Russian).
25. Demchuk N.G., Savkov A.S. Assessment of physical fitness indicators as a result of the improvement of children in various conditions of stay. Bulletin of Khakass State University named after N.F. Katanova. 2014;8:38-40. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23627675> (Accessed 26.10.2022) (In Russian).
 26. Mogilev A.V. Informatics in the summer camp: from Olympiad tasks to geocaching. Public education. 2014;2:200–204. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatika-v-letnem-lagere-ot-olimpiadnyh-zadach-do-geokeshinga> (Accessed 26.10.2022) (In Russian).
 27. Senchenkov N.P. Formation of political culture of high school students in a specialized camp. Pedagogy. 2010;2: 10–113. (In Russian).
 28. Sinyagin Yu. V. Health monitoring. Public education. 2011;3:102–105. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16495491> (Accessed 26.10.2022) (In Russian).
 29. Soboleva T.V. Assessment of the effectiveness of health improvement for schoolchildren in a country health camp. Physical therapy and sports medicine. 2011;7: 51–55. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16406997> (Accessed 26.10.2022) (In Russian).
 30. Antonova A.A., Yamanova G.A. Comparative studies of the functioning of the respiratory system in children in health-improving institutions. Sanitary doctor. 2021;9:66-72. DOI: 10.33920/med-08-2109-07 (In Russian).
 31. Barnavskikh E.A. Assessment of the impact of summer recreation on the physical health of children 8-11 years old. Basic research. 2014;4:58-62. URL: https://s.fundamental-research.ru/pdf/2014/2014_04_1.pdf#page=58 (Accessed 26.10.2022) (In Russian).
 32. Tanina NA, Iordanskaya NA, Pozdeeva T.V. The effectiveness of improving children and adolescents in a summer country institution. Medical almanac. 2013; 6(30):159-161. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21139148> (Accessed 26.10.2022) (In Russian).
 33. Soboleva T.V. Change in indicators of physical development of children during their stay in the health camp. Yaroslavl Pedagogical Bulletin. 2011;3(2):91-94. URL: http://vestnik.yvspu.org/releases/2011_2e/19.pdf (Accessed 26.10.2022) (In Russian).
 34. Novikova I.I., Zubtsovskaya N.A., Sorokina A.V., Shevkun I.G. Assessment of changes in the body length of a child during the period of health-improving shift, taking into account physical development, gender and age differences as an indicator improvement efficiency. Sanitary Doctor. 2022;10:735-747. DOI:10.33920/med-08-2210-03 (In Russian).
 35. Zubtsovskaya N.A. Changes in anthropometric indicators of the child's physical development during the period of the health shift as criteria for assessing the effectiveness of health improvement. Current hygiene issues in conditions of modern challenges: materials of the Interregional Scientific and Practical Conference with international participation dedicated to the 100th anniversary of the State Sanitary and Epidemiological Service of Russia (Novosibirsk, April 14-15, 2022). - Omsk: Omega Publishing House, 2022:24-30. ISBN 978-5-98566-215-3. URL: <file:///C:/Users/admin/Desktop/НИИГ/Материалы%20конф.%2014-15.04.2022%20к%20100%20летию%20ППН.pdf>. (Accessed 26.10.2022) (In Russian) (In Russian).

36. Gavryushin M.Yu., Sazonova O.V., Gorbachev D.O., Borodina L.M., Frolova O.V., Tupikova D.S. Scientific justification for the use of the results of anthropometric studies and bioimpedance analysis as criteria for assessing the effectiveness of improving children in summer camps. Herald RGMU. 2019;2:97-104. DOI: 10.24075/vrgmu.2019.024 (In Russian).

Поступила/Received: 27.10.2022

Принята в печать/Accepted: 31.10.2022

УДК 613.96

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ СТУДЕНТОВ МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА

Хусаинов А.Э.¹, Зулькарнаев Т.Р.¹, Поварго Е.А.¹, Мочалкин П.А.^{1,2}, Бакиров А.Б.^{1,3},
Воскресенская Е.К.¹

¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»
Минздрава России, Уфа, Россия

²ГБУЗ «Республиканский центр дезинфекции», Уфа, Россия

³ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

Важную информацию о состоянии здоровья и физиологических механизмах адаптации организма при физической нагрузке различной интенсивности могут дать морфологические показатели крови, которые можно отнести к числу основных факторов, определяющих функциональные показатели различных систем, в том числе физическую работоспособность.

Цель исследования - сравнительный анализ морфологических показателей крови у студентов в зависимости от уровня их физической активности.

Материалы и методы. Обследовано 672 студента медицинского университета. По международному опроснику IPAQ студенты разделены на группы физической активности: с высоким, средним и низким уровнем. Изучены основные показатели морфологического состава крови.

Результаты. Установлены статистически значимые различия в морфологическом составе крови у студентов с различным уровнем физической активности. Концентрация гемоглобина и гематокрит, среднее содержание гемоглобина в эритроците и средний объем эритроцитов были выше у студентов с высоким уровнем физической активности, чем у студентов с низким уровнем. У студентов с физической активностью низкой интенсивности уровень гемоглобина находился в пределах минимальных значений нормы (не менее 120 г/л). У студентов с низкой физической активностью средний объем эритроцитов был ниже 80 фл и среднее содержание гемоглобина в эритроците также не достигало возрастных норм (менее 27 пг).

Ключевые слова: студенты, физическая активность, опросник IPAQ, морфологический состав крови.

Для цитирования: Хусаинов А.Э., Зулькарнаев Т.Р., Поварго Е.А., Мочалкин П.А., Бакиров А.Б., Воскресенская Е.К. Влияние физической активности на морфологические показатели крови студентов медицинского вуза. Медицина труда и экология человека. 2023;1:68-77.

Для корреспонденции: Хусаинов Артур Эдуардович, аспирант кафедры гигиены с курсом медико-профилактического дела ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, Уфа, Россия. e-mail: arhtur.khusainov.1994@gmail.com

Финансирование: исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10105>

INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY ON MORPHOLOGICAL BLOOD PARAMETERS OF MEDICAL UNIVERSITY STUDENTS

Khusainov A.E.¹, Zulkarnaev T.R.¹, Povargo E.A.¹, Mochalkin P.A.^{1,2}, Bakirov A.B.^{1,3}, Voskresenskaya E.K.¹

¹Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry, Ufa, Russia

²Republican Disinfection Center, Ufa, Russia

³Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

Introduction. Important information about the health status and physiological mechanisms of adaptation of the body during physical activity of varying intensity can be provided by morphological blood parameters, which can be regarded as one of the main factors determining physical performance.

The purpose of the study is comparative analysis of morphological parameters of blood in students depending on the level of physical activity.

Material and methods. Six hundred seventy two medical students were examined. According to the international IPAQ questionnaire, students were divided into groups of physical activity: with high, medium and low levels. The main indicators of the morphological composition of blood have been studied.

Results. Statistically significant differences in the morphological composition of blood were found in students with different levels of physical activity. The concentration of hemoglobin, hematocrit, the average hemoglobin content in the erythrocyte and the average volume of erythrocytes were higher in students with a high level of physical activity than in students with a low level. In students with low-intensity physical activity, the hemoglobin level was within the minimum values (at least 120 g/l). In students with low physical activity, the average volume of red blood cells was below 80 fl and the average hemoglobin content in the red blood cell also did not reach age norms (less than 27 pg).

Keywords: students, physical activity, IPAQ questionnaire, morphological composition of blood.

Citation: Khusainov A.E., Zulkarnaev T.R., Povargo E.A., Mochalkin P.A., Bakirov A.B., Voskresenskaya E.K. Influence of physical activity on morphological blood parameters of medical university students. *Occupational health and human ecology.* 2023;1:68-77.

Correspondence: Artur E. Khusainov, post-graduate student at the Department of Hygiene with the course of preventive medicine, Bashkirian State Medical University. E-mail: arthtur.khusainov.1994@gmail.com

Financing: the study had no financial support.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10105>

Введение. Система кровообращения занимает одно из доминирующих позиций в энергоснабжении интенсивной мышечной деятельности, формируя различные способы

адаптации организма к физическим нагрузкам. Это связано с тем, что система крови может быстро реагировать на различные воздействия изменений в ее морфологическом составе [1;2].

Изменение состава крови и функционального состояния организма зависят как от объема и характера физической нагрузки, так и от реактивности всего организма [3-5]. По мнению некоторых авторов, наиболее благоприятно то, что за счет жидкости, выделяющейся из эритроцитов в плазму, увеличивается объем циркулирующей крови и среднее содержание гемоглобина в эритроцитах, что приводит к уменьшению объема красных кровяных телец. Исходя из этого, происходит уменьшение среднего объема эритроцитов, что является показателем адаптации организма к повышенным физическим нагрузкам [6-9]. Чем больше взаимосвязей между различными параметрами крови, тем лучше регуляция функциональных возможностей систем организма [10-12].

В свою очередь, недостаточный уровень физической активности проявляется в виде ряда неблагоприятных изменений, ослабления резервных возможностей организма, увеличения частоты временной нетрудоспособности. Низкая физическая активность отрицательно сказывается на многих показателях крови [13]. Уже в юном возрасте низкая физическая активность сопровождается микрореологическими повреждениями клеток крови, что приводит к гипоксии в тканях [14].

На этом фоне могут создаваться условия для повышения артериального давления, что приводит к постепенному развитию стойкой артериальной гипертензии. В таких условиях ухудшаются реологические свойства эритроцитов, что может привести к усугублению имеющейся патологии и способствовать формированию резистентности к медикаментозной терапии [15].

В динамических исследованиях, проведенных на показателях периферической крови, было отмечено, что определение общей концентрации гемоглобина в крови недостаточно информативно. По мнению Гуниной Л.М. и соавт., именно определение гематокрита, среднего содержания гемоглобина в эритроците и средней концентрации гемоглобина в эритроците является наиболее точным, особенно в отношении анемии [16].

Поэтому изучение морфологии крови студентов-медиков с разным уровнем физической активности является важной частью мониторинга здоровья молодых людей.

Целью данной работы является проведение сравнительного анализа морфологического состава крови студентов с различным уровнем физической активности.

Материалы и методы. В данном исследовании принимали участие 672 студента медицинского университета (206 юношей и 466 девушек). Для определения уровня физической активности студентов использовался международный опросник IPAQ [17], по которому все обучающиеся разделены на 3 группы: с высоким, средним и низким уровнем физической активности. Для изучения морфологического состава крови случайным образом выбраны 150 студентов от общего числа (с каждой группы физической активности по 50 человек). Все студенты добровольно согласились участвовать в этом исследовании. Забор крови осуществлялся утром натощак в аккредитованной лаборатории. Анализ показателей морфологического состава крови выполняли с помощью гематологического анализатора CELL-DYN Ruby методом проточной цитометрии. Определяли следующие показатели: RBC

(эритроциты), HGB (гемоглобин), HCT (гематокрит), MCV (средний объем эритроцитов), MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроците), MCHC (средняя концентрация гемоглобина в эритроците).

Для статистической обработки данных использовали программу Statistica. Полученные результаты исследовали на нормальность распределения с применением критерия Шапиро-Уилка. Для статистической обработки полученных данных применяли критерий Стьюдента.

Результаты. Сравнительный анализ морфологического состава крови выявил достоверные различия между студентами разных групп двигательной активности. Так, по сравнению со студентами со средним ($126,20 \pm 10,50$ г/л, $p=0,043$) и низким ($120,91 \pm 9,44$, $p=0,033$) уровнями физической активности студенты с высоким уровнем имели самую высокую концентрацию гемоглобина ($142,15 \pm 14,13$ г/л). Видимо, это является проявлением адаптации организма вследствие улучшения транспорта кислорода. У студентов с низкой физической активностью уровень гемоглобина находился в пределах минимальных значений нормы (не менее 120 г/л). Студенты с высоким уровнем физической активности имели более высокий гематокрит, чем студенты с низким уровнем ($45,11 \pm 5,01$ по сравнению с $35,76 \pm 5,80\%$, $p=0,043$). Было обнаружено, что среди студентов с высокой физической активностью значение MCH (среднее содержание гемоглобина в эритроцитах) было достоверно выше, чем у студентов с низкой активностью ($37,91 \pm 4,36$ по сравнению с $25,80 \pm 4,27$ пг, $p=0,009$). Более высокие показатели MCV (средний объем эритроцитов) наблюдались у студентов с высокой физической активностью ($89,57 \pm 6,02$ фл), по сравнению с низкой ($78,43 \pm 7,10$ фл, $p=0,011$). Средние значения MCV у студентов с низкой физической активностью были ниже 80 фл, величина MCH также не достигала возрастных норм (менее 27 пг) (табл. 1).

Таблица 1

Средние значения морфологических показателей крови у студентов
с разной физической активностью

Table 1

Average values of morphological parameters of blood in students with different physical activity

показатели	Уровень физической активности			p
	Высокий (1)	Средний (2)	Низкий (3)	
RBC, $\times 10^{12}/л$	4,85 \pm 1,92	4,66 \pm 1,85	4,54 \pm 1,80	
HGB, г/л	142,15 \pm 14,13	126,20 \pm 10,50	120,91 \pm 9,44	p ₁₋₂ =0,043; p ₁₋₃ =0,033
HCT, %	45,11 \pm 5,01	38,81 \pm 5,90	35,76 \pm 5,80	p ₁₋₃ =0,043
MCV, фл	89,57 \pm 6,02	85,05 \pm 6,51	78,43 \pm 7,10	p ₁₋₃ =0,011
MCH, пг	37,91 \pm 4,36	27,94 \pm 4,19	25,80 \pm 4,27	p ₁₋₃ =0,009
MCHC, г/л	257,64 \pm 36,79	313,88 \pm 47,30	308,44 \pm 46,29	

Примечание: RBC – эритроциты; HGB – гемоглобин; HCT – гематокрит; MCV - средний объем эритроцитов; MCH - среднее содержание гемоглобина в эритроците; MCHC - средняя концентрация гемоглобина в эритроците.

Note: RBC – erythrocytes; HGB – hemoglobin; HCT – hematocrit; MCV - average volume of erythrocytes; MCH - average hemoglobin content in erythrocyte; MCHC - average concentration of hemoglobin in erythrocyte.

При оценке полученных результатов в зависимости от пола студентов также обнаружены статистически значимые различия. Так, наиболее высокие значения по показателю MCH установлены у девушек в группе с высоким уровнем физической активности (35,14 \pm 4,38 пг по сравнению с 25,51 \pm 4,15 пг в группе с низким уровнем, p=0,015) (рис. 1).

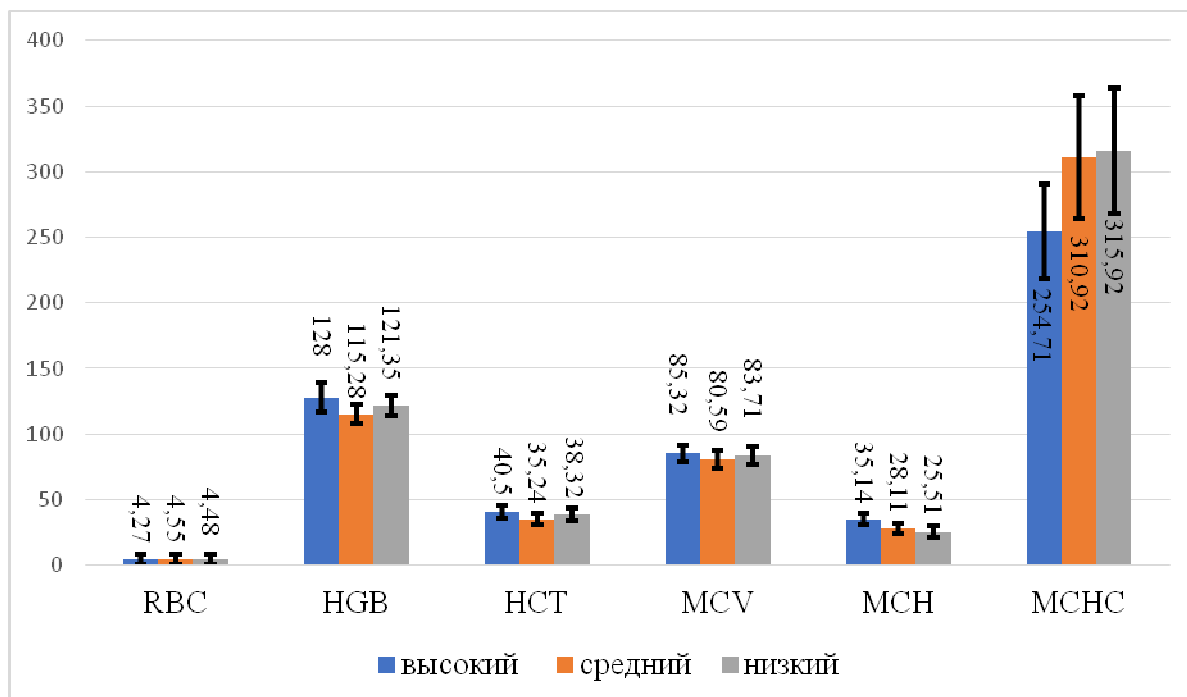


Рис. 1. Сравнительный анализ морфологического состава крови у девушек с различным уровнем физической активности

Примечание: * - статистически значимые различия между группами ($p < 0,05$).

Figure 1. Comparative analysis of blood morphology in girls with physical activity of varying intensity

Note: * - statistically significant differences between the groups ($p < 0.05$).

Сходная картина выявлена среди юношей: наблюдается повышение ряда морфологических показателей состава периферической крови в группе с высоким уровнем физической активности, чем в группе с низким уровнем (рис. 2).

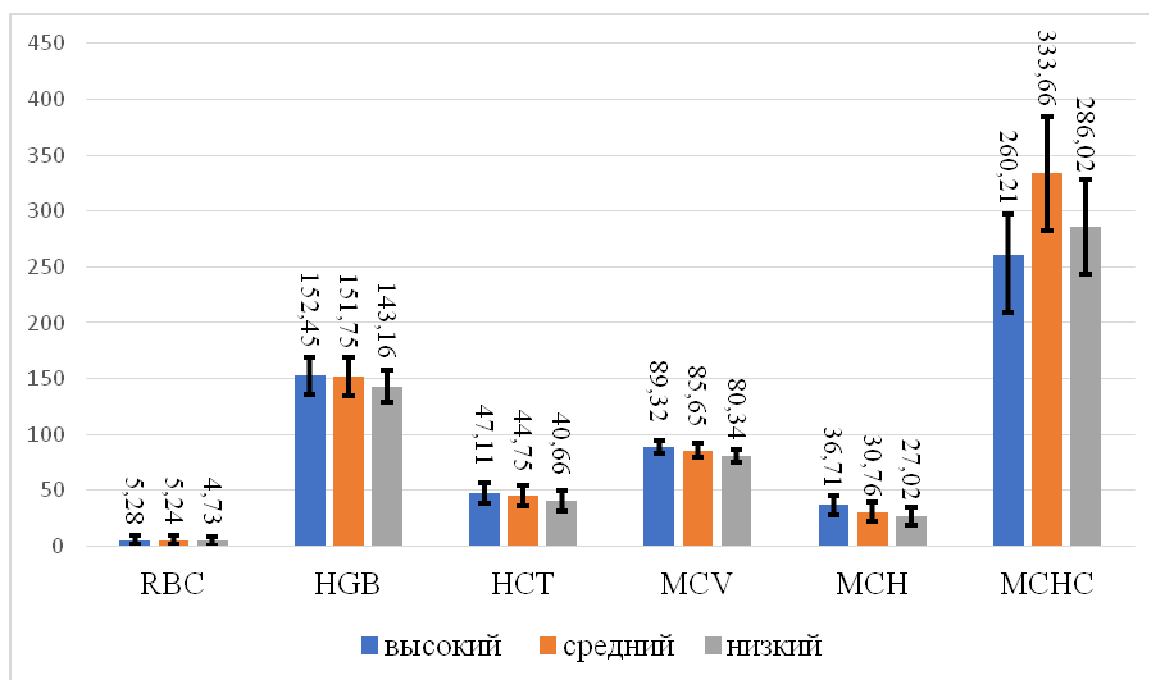


Рис. 2. Сравнительный анализ морфологического состава крови у юношей с различным уровнем физической активности

Figure 2. Comparative analysis of blood morphology in young men with physical activity of varying intensity

Обсуждение. Анализ отечественной литературы по изучению морфологического состава крови у студентов с разной физической активностью показал схожие результаты в аналогичных исследованиях. Так, в работе Гаврильевой К.С. у обследованных спортсменов отмечены более высокие значения морфологических показателей крови, чем у группы сравнения (не занимающихся спортом), по таким показателям, как гемоглобин ($148,77 \pm 6,01$ по сравнению с $130,20 \pm 9,04$ г/л, $p=0,001$), гематокрит ($42,03 \pm 1,94$ по сравнению с $38,44 \pm 3,31\%$, $p=0,001$) и среднее содержание гемоглобина в эритроците ($31,94 \pm 0,70$ по сравнению с $29,03 \pm 2,53$ пг, $p=0,001$), что свидетельствует о наличии у группы сравнения признаков анемии [17]. В своей работе Литвинова Л.С. с соавторами изучали влияние субмаксимальной физической нагрузки на клеточные элементы крови спортсменов и выявили, что увеличение отношения площади поверхности красных кровяных телец к их объему приводит к улучшению прохождения кислорода через мембрану эритроцитов [18].

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о существенном влиянии физических нагрузок на морфологические показатели крови. Таким образом, низкий уровень физической активности оказывает неоднозначное влияние на морфологический состав крови. Наиболее благоприятные значения среднего объема эритроцитов, среднего содержания гемоглобина в эритроците, гемоглобина и гематокрита были обнаружены у студентов с физической активностью высокой интенсивности. И, наоборот, у студентов с низкой физической активностью средние показатели гемоглобина, среднего объема эритроцитов и среднего содержания гемоглобина ниже допустимых значений. На основании материалов нашего исследования следует рекомендовать студентам систематические занятия с достаточным уровнем физической активности.

Список литературы:

1. Макарова Г.А., Поляев Б.А. Медико-биологическое обеспечение спорта за рубежом. Советский спорт. 2012. с. 310.
2. Александров Н.П. Изменения в системе красной крови человека (эритроны) при адаптации к новым условиям. Здоровье. 2010; 1: 16.
3. Бочкарева А.А., Лисова И.М., Джандарова Т.И. Влияние физических нагрузок на изменения суточной динамики клеток крови. БМИК. 2011; 7: 18.
4. Мельников А.А., Викулов А.Д. Реологические свойства крови у спортсменов. Ярославль: ЯГПУ. 2008. с. 110–114.
5. Смирнов И.Ю., Левин В.Н., Дюкова А.С. Взаимосвязь реологических характеристик крови и особенностей кровоснабжения скелетных мышц. Материалы междунар. конф. по гемореологии. Ярославль. 2001. с. 101–102.
6. Грищенко Н.А. Новые подходы к оценке картины крови у спортсменов. Спорт: медицина и здоровье. 2001; 2: 46–51.
7. Калинин А.Н. Особенности морфологического и белкового состава крови у высококвалифицированных спортсменов, специализирующихся в гребле на байдарках и каноэ: дис. канд. биол. наук. Краснодар. 2008. с. 115.
8. Волков Н.И., Волков А.Н. Физиологические критерии выносливости спортсменов. Физиология человека. 2004; 30 (4): 103–113.
9. Викулов А.Д., Мельников А.А., Турчанинов С.Ю. Текучесть крови – важнейший параметр кровообращения у лиц, ведущих здоровый образ жизни. Материалы конф. «Совершенствование системы физического воспитания, оздоровления детей, учащейся молодежи в условиях различных климатогеографических зон». Сургут. 2000. с. 18–21.
10. Нехвядович А.И. Гематологический контроль в спорте: метод. рекомендации. Минск. 2000. с. 40.
11. Мельников А.А., Викулов А.Д. О взаимосвязи реологических свойств крови с показателями физической работоспособности: корреляционное исследование. Материалы II Межд. конф. по физиологии мышц и мышечной деятельности. Москва. 2003. с.142.
12. Бочкарева А.А., Лисова И.М., Джандарова Т.И. Влияние физических нагрузок на изменения суточной динамики клеток крови. БМИК. 2011; 7: 18–28.
13. Махов А.С., Медведев И.Н. Функциональное состояние юных футболистов с астенией, получавших комплекс реабилитационных воздействий. Теория и практика физической культуры. 2019; 2: 10.
14. Драпкина О.М., Шепель Р.Н. Гиподинамия – болезнь века: низкая физическая активность как фактор риска заболеваний сердечно-сосудистой системы и преждевременного старения. Кардиология: новости, мнения, обучение. 2015; 3(6): 53–58.
15. Skoryatina I.A., Zavalishina S.Y., Makurina O.N., Mal G.S., Gamolina O.V. Some aspects of treatment of patients having dyslipidemia on the background of hypertension. Prensa Medica Argentina. 2017; 103 (3): 3. DOI 10.4172/Ipma.1000250. – EDN XQIFAL.

16. Гунина Л.М., Винничук Ю.Д., Головащенко Р.В. Коррекция спортивной анемии как фактора, лимитирующего физическую работоспособность, с помощью цефалансина. Ресурсы конкурентоспособности спортсменов: теория и практика реализации. 2015; 3: 71–3
17. International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). Available at: <http://www.ipaq.ki.se> Accessed 18.01.2023.
18. Гаврильева К.С., Ханды М.В., Соловьёва М.И., Винокурова С.П., Махарова Н.В. Влияние физических нагрузок на морфологический состав красной крови у подростков Якутии. Доктор.Ру. 2018; 11(155): 27–30. DOI: 10.31550/1727-2378-2018-155-11-27-30
19. Литвинова Л.С., Пельменев В.К., Селедцова И.А., Муравьева Ю.А., Шуплецова В.В., Панин В.А., и др. Влияние субмаксимальной физической нагрузки на клеточные параметры крови спортсменов. Медицинская иммунология. 2012; 14 (3): 213-218.

References:

1. Makarova G.A., Polyayev B.A. Medical and biological support of sports abroad. Sovetskij sport [Soviet sport]. 2012. p. 310.
2. Aleksandrov N.P. Changes in the human red blood system (erythron) during adaptation to new conditions. Zdorov'e [Health]. 2010; 1: 16.
3. Bochkareva A.A., Lisova I.M., Dzhandarova T.I. The effect of physical activity on changes in the daily dynamics of blood cells. BMIC. 2011; 7: 18.
4. Melnikov A.A., Vikulov A.D. Rheological properties of blood in athletes. Yaroslavl: YAGPU. 2008. pp. 110-114.
5. Smirnov I.Ju., Levin V.N., Djukova A.S. Interrelation of rheological characteristics of blood and features of blood supply to skeletal muscles. Proceedings of the International Conference on Hemorheology. Yaroslavl. 2001. pp. 101-102.
6. Grishchenko N.A. New approaches to the assessment of the blood picture in athletes. Sport: medicina i zdorov'e [Sports: medicine and health]. 2001; 2: 46–51.
7. Kalinin A.N. Features of morphological and protein composition of blood in highly qualified athletes specializing in kayaking and canoeing: PhD thesis (Biology). Krasnodar. 2008. 115 p.
8. Volkov N.I., Volkov A.N. Physiological criteria of endurance athletes. Fiziologija cheloveka [Human physiology]. 2004; 30 (4): 103–113.
9. Vikulov A.D., Melnikov A.A., Turchaninov S.Ju. Blood fluidity is the most important parameter of blood circulation in people leading a healthy lifestyle. Proceedings of the conf. "Improvement of the system of physical education, health improvement of children, students in conditions of various climatogeographic zones". Surgut. 2000. pp. 18-21.
10. Nekhvyadovich A.I. Hematological control in sports: method. recommendations. Minsk. 2000. p. 40.
11. Melnikov A.A., Vikulov A.D. On the relationship of rheological properties of blood with indicators of physical performance: a correlation study. Proceedings of the II International Conference on the physiology of muscles and muscular activity. Moscow. 2003. p. 142.
12. Bochkareva A.A., Lisova I.M., Dzhandarova T.I. The effect of physical activity on changes in the daily dynamics of blood cells. BMIC. 2011; 7: 18–28

13. Makhov A.S., Medvedev I.N. The functional state of young football players with asthenia who received a complex of rehabilitation effects. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury* [Theory and practice of physical culture]. 2019; 2: 10.
14. Drapkina O.M., Shepel R.N. Inactivity is a disease of the century: low physical activity as a risk factor for diseases of the cardiovascular system and premature aging. *Kardiologiya: novosti, mneniya, obuchenie* [Cardiology: news, opinions, training]. 2015; 3(6): 53–58.
15. Skoryatina I.A., Zavalishina S.Y., Makurina O.N., Mal G.S., Gamolina O.V. Some aspects of treatment of patients having dyslipidemia on the background of hypertension. *Prensa Medica Argentina*. 2017; 103 (3): 3. DOI 10.4172/lpma.1000250. – EDN XQIFAL.
16. Gunina L.M., Vinnichuk Ju.D., Golovashhenko R.V. Correction of sports anemia as a factor limiting physical performance with the help of cefaransin. *Resursy konkurentosposobnosti sportsmenov: teoriya i praktika realizatsii* [Resources of athletes' competitiveness: theory and practice of implementation]. 2015; 3: 71–3
17. International Physical Activity Questionnaire (IPAQ). Available at: <http://www.ipaq.ki.se> Accessed 18.01.2023.
18. Gavrileva K.S., Handy M.V., Solovjova M.I., Vinokurova S.P., Makharova N.V. The effect of physical exertion on the morphological composition of red blood in Yakutia adolescents. *Doctor.Ru*. 2018; 11(155): 27-30. DOI: 10.31550/1727-2378-2018-155-11-27-30
19. Litvinova L.S., Pel'menev V.K., Seledcova I.A., Muravyeva Ju.A., Shuplecova V.V., Panin V.A., et al. The effect of submaximal physical activity on the cellular parameters of athletes' blood. *Meditinskaya immunologiya* [Medical immunology]. 2012; 14 (3): 213-218.

Поступила/Received: 22.02.2022

Принята в печать/Accepted: 24.02.2022

УДК 613.955+613.2

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЗУЛЬТАТОВ
ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВНОГО ОБМЕНА У ШКОЛЬНИКОВ 12-16 ЛЕТ
С НОРМАЛЬНОЙ, ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА И ОЖИРЕНИЕМ ПРИ
ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ**

Новикова И.И.¹, И.Г.Шевкун², С.М. Гавриш¹, О.А. Шепелева³, А.В. Сорокина¹

¹ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, Новосибирск, Россия

²Федеральная служба Роспотребнадзора, Москва, Россия

³ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России,
Архангельск, Россия

В исследованиях последних лет уделяется большое внимание сравнительному анализу различных методов оценки основного обмена, свидетельствующему о неоднозначных оценках объективности расчетных методов по сравнению с аппаратными методиками, такими как биоимпедансометрия и метаболография.

Цель исследования - провести сравнительную оценку показателей основного обмена у школьников с нормальной и избыточной массой тела и ожирением, полученных при использовании данных метаболографии и расчетных формул.

Материалы и методы. Исследование проводилось экспериментально с использованием метаболографа Fitmate PRO (241 протокол) и с помощью расчетных формул J. Harris, F. Benedict, 1918, W. Schofield, 1985, ВОЗ (WHO), 1985, ИОМ, 2005. Статистический анализ осуществлялся с применением пакета Statistica-10.0 и таблиц Excel методами описательной статистики. Для определения статистической значимости использовался t-критерий Стьюдента, критический уровень значимости p принимался равным 0,05.

Результаты исследования. При метаболографии выявлены более низкие показатели основного обмена у детей с избыточной массой тела и ожирением по сравнению с детьми с нормальной массой тела. Доля детей с низким основным обменом среди детей с нормальной массой тела составляла 44,7%, с избыточной массой – 67,8%, с ожирением – 84,6%. Выявлены различия ($p \leq 0,05$) показателей основного обмена при оценке по расчетным формулам W. Schofield и ВОЗ (WHO) среди детей возрастных групп 12-14 и 15-16 лет по группам с нормальной массой тела, с избыточной массой тела и ожирением, статистически значимо превышающие показатели, полученные с использованием метаболографа.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о недостаточной информативности в современных условиях расчетных формул при оценке основного обмена и необходимости применения непрямой респираторной калориметрии для изучения основного обмена у детей с избыточной массой тела и ожирением с использованием метаболографии, позволяющей получить более объективную оценку состояния основного обмена.

Ключевые слова: школьники, основной обмен, ожирение, избыточная масса тела, метабологграфия, расчетные формулы определения основного обмена.

Для цитирования: Новикова И.И., И.Г.Шевкун, С.М. Гавриш, О.А. Шепелева, А.В. Сорокина. Сравнительная характеристика результатов изучения основного обмена у школьников 12-16 лет с нормальной, избыточной массой тела и ожирением при использовании различных методов оценки. Медицина труда и экология человека. 2023;1:78-90.

Для корреспонденции: Новикова Ирина Игоревна – д.м.н., профессор, директор ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора; e-mail: novikova_ii@niig.su.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10106>

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE BASAL METABOLIC RATE RESULTS IN 12-16-YEAR OLD SCHOOLCHILDREN WITH NORMAL BODY WEIGHT, EXCESS WEIGHT, AND OBESITY USING DIFFERENT ASSESSMENT METHODS

I.I. Novikova¹, I.G. Shevkun², S.M. Gavrish¹, O.A. Shepeleva³, A.V. Sorokina¹

¹Novosibirsk Research Institute of Hygiene" of Rospotrebnadzor, Novosibirsk, Russia

² Federal Service of Rospotrebnadzor, Moscow, Russia

³Northern State Medical University of the Russian Health Ministry; Arkhangelsk, Russia

In recent studies, much attention has been paid to the comparative analysis of various methods for assessing basal metabolism, indicating ambiguous assessments of the objectivity of calculation methods compared to instrumental methods, such as bioimpedancemetry and metabolography.

Purpose of the study. *To carry out a comparative assessment of basal metabolic parameters among schoolchildren with normal and excess body weight and obesity, obtained by using metabolography data and calculation formulas.*

Materials and methods. *The study was carried out experimentally using the Fitmate PRO metabolograph (241 protocols) and using the calculation formulas J. Harris, F. Benedict, 1918, W. Schofield, 1985, WHO (WHO), 1985, IOM, 2005. Statistical analysis was carried out using the package Statistica-10.0, and Excel tables using descriptive statistics methods. To determine the statistical significance, Student's t-test was used, the critical significance level p was taken equal to 0.05.*

Study Results. *Metabolography revealed lower basal metabolic rates in children with overweight and obesity compared to children with normal body weight. The proportion of children with a low basal metabolic rate among children with normal body weight was 44.7%, with overweight - 67.8%, with obesity - 84.6%. Differences ($p \leq 0.05$) in basal metabolic rate were revealed when assessed by the calculation formulas of W. Schofield and WHO (WHO) among children of age groups 12-14 and 15-16 years old in groups with normal body weight, with overweight and obesity, statistically significantly higher than those obtained using the metabolograph.*

Conclusion. The results obtained show the lack of informativeness in modern conditions of calculation formulas for assessing basal metabolism and the need to use indirect respiratory calorimetry to study basal metabolism in overweight and obese children using metabology, which allows a more objective assessment of the basal metabolism state.

Keywords: schoolchildren, basal metabolic rate, obesity, excessive body weight, metabology, calculation formulas for determining basal metabolic rate.

Citation: I.I. Novikova, I.G. Shevkun, S.M. Gavrish, O.A. Shepeleva, A.V. Sorokina. Comparative characteristics of the basal metabolic rate results in 12-16-year old schoolchildren with normal body weight, excess weight, and obesity using different assessment methods. *Occupational health and human ecology*. 2023;1:78-90.

Correspondence: Irina I. Novikova, Doctor of Medicine, Professor, Director of the Novosibirsk Research Institute of Hygiene, Rospotrebnadzor; e-mail: novikova_ii@niig.su.

Financing: The study had no financial support

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10106>

Под обменом веществ и энергии понимают совокупность процессов превращения веществ и энергии, происходящих в живом организме и обеспечивающих его жизнедеятельность, а также обмен веществами и энергией между организмом и окружающей средой [1]. Энергетический обмен осуществляется путем окисления макронутриентов из продуктов питания и характеризуется показателями энергопотребностей, энергопотребления и энерготрат, взаимосвязанными между собой [2]. В зависимости от активности организма и воздействий на него факторов внешней среды различают три уровня энергетического обмена: 1) основной обмен; 2) обмен в состоянии относительного покоя; 3) обмен и энерготраты при физической работе [2,3].

Основной обмен - это обмен веществ и энергии, определяемый у человека в стандартных условиях: при полном физическом и психическом (эмоциональном) покое организма, минимизированном процессе пищеварения (благодаря исследованию испытуемого в утренние часы, натощак), при температуре внешней среды, равной 20-22 °C [1,4]. Доля основного обмена в энергетическом обеспечении функционирования жизненно необходимых органов составляет, по данным исследователей, до 80-90,0% суточных энерготрат [5,6,7].

Энергия основного обмена – это энергия, обусловленная тоническим напряжением скелетных мышц и работой постоянно функционирующих органов – дыхательных мышц, сердца, печени, почек. Полученные в таких условиях величины основного обмена характеризуют исходный «базальный» уровень энергозатрат организма. Количество энергии, выделяемой организмом, выражают в ккал (1 ккал = 4,2 кДж). Величина основного обмена равна 1-1,2 ккал/кг*час, что соответствует для человека массой 70 кг 1700-1800 ккал/сутки (7200-7800 кДж/сутки) или 37 ккал/м²/час (150 кДж/м²/час). Количество выделяемой организмом энергии зависит от различных факторов: массы тела, роста, поверхности тела, возраста, пола, состояния нервной и эндокринной систем (уровень гормонов щитовидной железы, катехоламинов и др.), вида работы, профессии, питания,

условий внешней среды (температура, влажность, давление), эмоционального статуса, сна, инфекций, различных стресс-факторов и др. [4,8]. Основной обмен у детей меняется в зависимости от возраста и типа питания. В первые дни жизни он составляет 512 ккал/м^2 , затем постепенно нарастает и к 11-12 годам равен примерно 1200 ккал/м^2 . К периоду полового созревания расход энергии на основной обмен уменьшается до 960 ккал/м^2 . При этом у мальчиков энергетические затраты на основной обмен в пересчете на 1 кг веса тела выше, чем у девочек. Уровень основного обмена повышается в результате обильного питания, при пониженных температурах, регулярных мышечных нагрузках, а также курении и употреблении алкоголя. В свою очередь, ограниченное питание, повышенные температуры окружающей среды, сниженное парциальное давление кислорода снижают его. В состоянии относительного покоя уровень энергозатрат превышает величину основного обмена [3]. Для изучения энергетического обмена у человека разработан целый ряд методов, объединенных общим названием – калориметрия (прямые и непрямые методы калориметрии). Непрямая респираторная калориметрия является «золотым стандартом» для оценки основного обмена. Для этого используется метаболическое исследование, позволяющее помимо базального метаболизма индивидуально оценить скорости окисления макронутриентов, что является важной составляющей персонализированной диетотерапии. Непрямая калориметрия характеризуется высокой вариабельностью определяемых показателей, что связано с особенностями проведения исследования [9]. Однако, учитывая существенные временные и финансовые затраты на ее проведение, в клинической практике широко распространены специальные формулы для расчета RMR (основного обмена), в том числе у детей и подростков [10].

Различные исследователи, оценивающие в своих работах информативность данных методик, приходят к неоднозначным выводам при оценке результатов их объективности [9,10]. По данным Henes S.T. et al. (2013), средняя процентная точность расчетных показателей по сравнению с данными непрямой калориметрии составляла при уравнениях Харриса-Бенедикта, Лаззера и Молнара 65%, 61% и 60% соответственно. Средние различия между целевыми показателями калорийности и рассчитанными по уравнению варьировались от 197,9 до 307,7 ккал/сут. Полученные результаты свидетельствуют о том, что уравнение Харриса-Бенедикта давало более точные показатели по сравнению с другими уравнениями у молодежи с тяжелым ожирением, но вероятность ошибки остается достаточно большой, чтобы предположить, что предпочтительна косвенная калориметрия [11].

В то же время S. Lazzerc и соавт. (2007) [12] разработали специальную формулу для подростков с морбидным ожирением с помощью множественного регрессионного анализа для прогнозирования расхода энергии в покое (REE). В исследовании участвовали 574 ребенка и подростка европеоидной расы с ожирением (средний z-показатель ИМТ 3,3). REE определяли непрямой калориметрией, состав тела – с помощью биоимпедансометрии. Имеются данные, полученные при анализе энергетических затрат в состоянии покоя у здоровых детей и подростков с избыточной массой тела и ожирением, свидетельствующие о том, что наиболее точные прогнозы были получены с помощью уравнений Шофилда [13].

Важность определения основного обмена обусловлена все возрастающей во всем мире проблемой детского ожирения. Определение показателей основного обмена необходимо при корректировке индивидуального питания, в научных исследованиях, а также для различных применений в клинике при лечении пациентов с различными заболеваниями, в том числе и с ожирением, которым необходима разработка рационов питания (в частности энтерального и парентерального).

В связи с этим нами при проведении исследования в рамках национального проекта «Демография»⁴, посвященного гигиенической оценке факторов риска формирования избыточной массы тела и ожирения, выполнена сравнительная оценка основного обмена с использованием различных методов оценки у школьников с нормальной и избыточной массой тела и ожирением.

Цель исследования – провести сравнительную оценку показателей основного обмена у школьников с нормальной и избыточной массой тела и ожирением, полученных при использовании данных метаболографии и расчетных формул.

Материалы и методы. В работе использовались клиничко-диагностические, аналитические и статистические методы исследования. С использованием поверенного клиничко-диагностического оборудования ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» проводилась оценка основного обмена методом непрямой калориметрии при помощи метаболографа Fitmate PRO (241 протокол) и расчетных формул J. Harris, F. Benedict, 1918 [14], W. Schofield, 1985 [15], ВОЗ (WHO), 1985 [16]· IOM, 2005 [17] (табл. 1.)

Таблица 1

Формулы, рекомендуемые для расчета основного обмена у детей и подростков

Table 1

Formulas recommended for calculating basal metabolism in children and adolescents

Источник	Возраст, лет	Формула для определения расчетного RMR (ккал/сутки)
J. Harris, F. Benedict, 1918	3-17	М /М = $66,47 + 13,75 \times \text{MT} + 5 \times \text{P} - 6,8 \times \text{B}$ Д / В = $655 + 9,6 \times \text{MT} + 1,8 \times \text{P} - 4,7 \times \text{B}$
W. Schofield, 1985	3-17	М /М = $19,6 \times \text{MT} + 1,033 \times \text{P} + 414,9$ Д / D = $16,8 \times \text{MT} + 1,618 \times \text{P} + 371,3$
	11-17	М /М = $16,25 \times \text{MT} + 1,373 \times \text{P} + 515,5$ Д / D = $8,37 \times \text{MT} + 4,65 \times \text{P} + 200$
ВОЗ (WHO), 1985	11-17	М /М = $17,5 \times \text{MT} + 651$ Д / D = $12,2 \times \text{MT} + 674$
IOM, 2005	3-17	М /М = $420 - 35,5 \times \text{B} + 418,9 \times (\text{P в метрах}) + 16,7 \times \text{MT}$ Д / D = $516 - 26,8 \times \text{B} + 347 \times (\text{P в метрах}) + 12,4 \times \text{MT}$

Примечание: М – мальчики; Д – девочки; МТ - масса тела в кг; P - рост в см; B - возраст, годы; IOM — Institute of Medicine for Obese Youth (Институт медицины для молодых взрослых с ожирением).

⁴ Национальный проект «Демография» // <https://mintrud.gov.ru/ministry/programms/demography>

Abbreviation: M - boys; D - girls; MT - body weight in kg; R - height in cm; B - age, years; M (boys, youths); D (girls, girls); IOM - Institute of Medicine for Obese Youth (Institute of Medicine for Obese Young Adults).

Исследование проводилось на метаболографе Fitmate PRO утром, натощак, при температуре в помещении 22-25° С, после предварительного 20-минутного покоя, в положении лежа на спине, в течение 20-30 минут с учетом достижения устойчивого состояния основного обмена. Данные, полученные в первые 5 минут, исключались из последующего анализа.

Статистический анализ осуществлялся с применением пакета Statistica-10.0 и таблиц Excel методами описательной статистики. Средние выборочные значения количественных признаков приведены по тексту в виде $M \pm Sd$, где M – среднее выборочное, Sd – стандартная ошибка среднего. Для определения статистической значимости использовался t-критерий Стьюдента, критический уровень значимости p принимался равным 0,05.

Результаты исследования. Анализ результатов метаболографии свидетельствовал о более низких средних показателях основного обмена у детей с избыточной массой тела и ожирением по сравнению с детьми с нормальной массой тела (рис. 1).

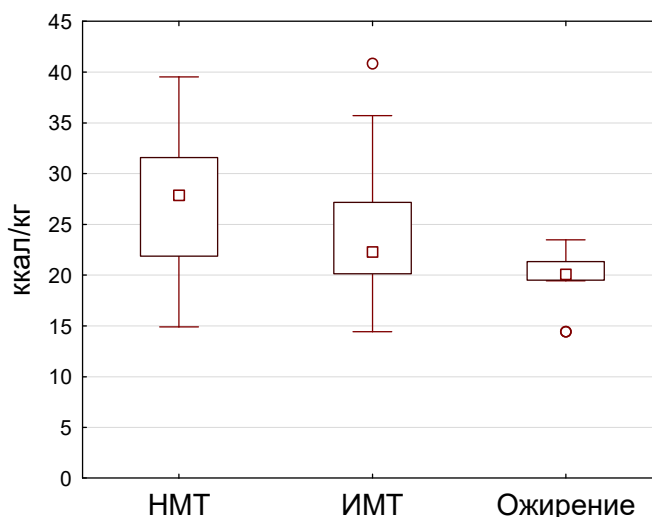


Рис. 1. Диаграмма размаха средних показателей основного обмена у детей 12-16 лет в ккал/кг в зависимости от индекса массы тела. НМТ- нормальная масса тела; ИМТ – избыточная масса тела, ожирение

Figure 1. Range chart of average basal metabolic rates in children aged 12-16 in kcal/kg depending on body mass index. NBW, normal body weight; EBW – overweight; obesity

При сравнительной оценке уровня показателя основного обмена у детей с различным трофологическим статусом установлено, что у детей с нормальной массой тела преобладал нормальный (44,7%) и высокий (29,8%) уровень основного обмена. Только у четвертой доли детей выявлялся низкий уровень основного обмена (25,5%). В то же время у детей с избыточной массой тела и особенно у детей с ожирением основная доля приходилась на детей с низким уровнем показателей основного обмена (соответственно 67,8% и 84,6%) и совсем не выявлялся высокий уровень обмена.

При анализе по возрастным группам установлено, что показатели основного обмена у детей 12-14 лет с избыточной массой тела и ожирением, полученные экспериментально, были статистически значимо ниже таковых в сравнении с детьми, имеющими нормальную массу тела ($p \leq 0,05$), и не имели гендерных различий. В возрастной группе 15-16 лет статистически значимо более низкие показатели отмечались у мальчиков с избыточной массой тела и ожирением по сравнению с мальчиками с нормальной массой тела. Гендерных статистически значимых различий по всем исследуемым группам в этой возрастной когорте также не выявлено.

Сравнительная характеристика показателей основного обмена в когорте детей 12-16 лет в ккал/кг, установленных экспериментально по результатам метаболографии (Fitmate PRO) и по данным, полученным с использованием расчетных формул Harris-Benedict [14] и ИОМ, 2005 [17], свидетельствует об отсутствии статистически значимых различий по группам детей с ожирением, детей с избыточной и нормальной массой тела ($p \geq 0,05$) – табл. 2.

Таблица 2

Сравнительная характеристика показателей основного обмена (в ккал/кг) у детей 12-16 лет по фактическим результатам метаболографии (Fitmate PRO) и расчетным данным

Table 2

Comparative characteristics of basal metabolic rate (in kcal/kg) in children aged 12-16 years according to the actual results of metabology (Fitmate PRO) and calculated data

Методы индикации	Дети с нормальной массой тела		Дети с избыточной массой тела		Дети с ожирением	
	M±Sd		M±Sd		M±Sd	
	Мальчики	Девочки	Мальчики	Девочки	Мальчики	Девочки
Возраст 12-14 лет						
Метабологрф - Fitmate PRO	34,3±3,8	31,1±3,4	23,4±2,6	22,5±2,5	20,1±2,2	18,1±2
Формула Harris-Benedict	31,8±3,2	30,1±3,0	27,3±2,7	25,8±2,6	22,7±2,3	19,8±2,0
W. Schofield, 1985 (3-17 лет)	33,5±3,4	31,6±3,2	29,9±3,0	28,5±2,8	26,0±2,0	24,3±2,4
W. Schofield, 1985 (11-17 лет)	33,9±3,4	30,1±3,0	29,3±2,9	25,7±2,6	24,2±2,4	19,8±2,0
ВОЗ (WHO), 1985 (11-17 лет)	28,8±2,9	28,0±2,8	24,3±2,4	22±2,2	20,0±2,0	19,9±2,0
ИОМ, 2005	32,5±3,3	30,1±3,0	28,7±2,9	26,5±2,6	24,6±2,5	21,1±2,1
Возраст 15-16 лет						
Методы индикации						

Метаболограф - Fitmate PRO	28,9±3,2	23,6±2,6	21,7±2,4	21,8±2,4	20,3±2,2	19,8±2,2
Формула Harris-Benedict	26,5±2,6	24,9±2,5	24,3±2,4	21,8±2,2	22,9±2,3	19,8±2,0
W. Schofield, 1985 (3-17 лет)	31,8±3,4	30,0±3,2	28,4±3,0	27,1±2,8	24,7±2,6	23,1±2,4
W. Schofield, 1985 (11-17 лет)	27,9±2,8	29,6±3,0	27,7±2,8	25,6±2,6	22,4±2,2	20,4±2,0
ВОЗ (WHO), 1985 (11-17 лет)	30,3±3,0	31,2±3,1	26,3±2,6	25,2±2,5	23,1±2,3	20,1±2,0
ИОМ, 2005	25,9±2,6	24,2±2,4	23,1±2,3	21,7±2,2	20,4±2,0	19,2±1,9

Сравнение результатов основного обмена у детей 12-16 лет в ккал/кг, установленных экспериментально по результатам метаболографии (Fitmate PRO) и расчетным данным, полученным с помощью формул W. Schofield, 1985 (3-17 лет), W. Schofield, 1985 (11-17 лет), ВОЗ (WHO), 1985 (11-17 лет), выявило наличие различий, статистически значимо превышающих расчетные значения по отдельным когортам детей ($p \leq 0,05$).

Так, в группе детей с нормальной массой тела показатели основного обмена значимо (на 25,4%) превышают показатели, полученные экспериментально при метаболографии, при расчете по формуле W. Schofield, 1985 (11-17 лет), и на 32,2% - при расчете по формуле ВОЗ (WHO), 1985 (11-17 лет), у девушек в возрастной группе 15-16 лет.

В группе детей с избыточной массой тела значимые различия выявлены в возрастной группе 12-14 лет у мальчиков по формулам: W. Schofield, 1985 (3-17 лет), с превышением экспериментальных данных на 27,8%; W. Schofield, 1985 (11-17 лет) - на 25,2%; у девочек по формуле: W. Schofield, 1985 (3-17 лет) - на 26,7%; в возрастной группе 15-16 лет у юношей по формулам: W. Schofield, 1985 (3-17 лет) - на 30,9%; W. Schofield, 1985 (11-17 лет) - на 27,6%; у девушек по формуле: W. Schofield, 1985 (3-17 лет) - на 24,3%.

По группе детей с ожирением значимые различия с экспериментальными данными выявлены только по расчетам в соответствии с формулой W. Schofield, 1985 (3-17 лет). Статистически значимые различия получены по возрастной группе 12-14 лет, в том числе у мальчиков экспериментальные данные были превышены на 29,3%, у девочек - на 34,2%. В возрастной группе 15-16 лет у юношей превышение составило 21,7%, у девушек – значимых различий не выявлено.

По остальным формулам и контингентам детей значимых различий в показателях не установлено ($p \geq 0,05$).

Обсуждение. Увеличивающаяся во всем мире распространенность ожирения, особенно среди детского и подросткового населения, требует актуализации методических подходов к оценке и выявлению причин формирования избыточной массы тела и ожирения, что особенно важно при разработке эффективных мероприятий профилактики ожирения в

детском возрасте, являющихся основой минимизации риска развития заболеваний, ассоциированных с развитием ожирения и обусловленных нездоровым питанием. При изучении данной проблемы все большее значение придается методам оценки избыточной массы тела и ожирения, важное место в которых занимает определение основного обмена, играющего ведущую роль в метаболических процессах организма. В исследованиях последних лет уделяется большое внимание сравнительному анализу различных методов оценки основного обмена, свидетельствующее о неоднозначных оценках объективности расчетных методов по сравнению с аппаратными методиками, такими как биоимпедансометрия и метаболография. Различные исследователи, оценивающие в своих работах информативность расчетных методик, приходят к неоднозначным выводам при оценке результатов их объективности [9,10].

Выявленное отсутствие существенных различий при сравнении результатов, полученных с помощью метаболографии и формул Харриса-Бенедикта, во всех обследованных нами группах соотносится с результатами Henes S.T. et. al. (2013), что свидетельствует о том, что уравнение Харриса-Бенедикта является наиболее точным по сравнению с другими уравнениями при оценке основного обмена у молодежи с тяжелым ожирением, хотя по мнению авторов вероятность ошибки остается достаточно большой, чтобы считать этот метод предпочтительным [11]. Полученные при исследовании результаты, свидетельствующие о существенном превышении показателей основного обмена при оценке с помощью расчетных формул W. Schofield, 1985 (3-17 лет), W. Schofield, 1985 (11-17 лет), ВОЗ (WHO), 1985 (11-17 лет) над экспериментальными данными при оценке с помощью метаболографа, расходятся с имеющимися в литературе данными о более точной прогностической значимости этих уравнений, в частности в здоровой детской популяции [13,18,19].

Вместе с тем результаты проведенного исследования с учетом выявленных существенных различий в показателях дают основание считать расчетные уравнения недостаточно информативными при оценке основного обмена у детей исследуемой возрастной группы 12-16 лет, что не противоречит мнениям, имеющимся в научных публикациях, которые свидетельствуют о том, что ни одно уравнение не дает точных оценок основного обмена в детской популяции [13,19]. А также они подтверждают необходимость использования непрямой респираторной калориметрии у детей и подростков с ожирением, которая дает наиболее объективное представление о состоянии основного обмена [10,20,21].

Заключение. Таким образом, результаты сравнительной оценки позволяют сделать вывод о недостаточной информативности в современных условиях формул W. Schofield, 1985 (3-17 лет), W. Schofield, 1985 (11-17 лет) и ВОЗ (WHO), 1985 (11-17 лет) для оценки основного обмена у девушек 15-16 лет с нормальной массой тела; формул W. Schofield, 1985 (3-17 лет), W. Schofield, 1985 (11-17 лет) для оценки основного обмена у мальчиков и юношей (12-16 лет) с избыточной массой тела; формулы W. Schofield, 1985 (3-17 лет) для оценки основного обмена у девочек и девушек (12-16 лет) с избыточной массой тела; формулы W. Schofield, 1985 (3-17 лет) для оценки основного обмена у мальчиков (12-14 лет) с ожирением. Это подтверждает необходимость применения для изучения основного

обмена у детей с избыточной массой тела и ожирением метода непрямой респираторной калориметрии с использованием метаболографии, позволяющей получить более объективную оценку состояния основного обмена, знание которого необходимо при разработке программ диетотерапии, изучения механизмов развития ожирения и мероприятий профилактики, направленных на снижение риска развития заболеваний, ассоциированных с ожирением.

Список литературы:

1. Брин В.Б. Нормальная физиология: учебник. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 688 с. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970436646.html> (дата обращения 16.02.2022)
2. Pinheiro Volp A.C., Esteves de Oliveira F.C., Duarte Moreira Alves R., Esteves E.A., Bressan J. Energy expenditure: components and evaluation methods. *Nutr. Hosp.* 2011; 26(3): 430–440.
3. Теплый Д.Л., Нестеров Ю.В., Курьянова Е.В., Кондратенко Е.И., Алтуфьев Ю.В., Горст Н.А. и др. Физиология человека и животных: учебник. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2017. 336 с.
4. Кузнецов В.И., Божко А.П., Городецкая И.В. Нормальная физиология: курс лекций. Витебск: ВГМУ, 2017. 611 с.
5. Blasco Redondo R. Resting energy expenditure; assessment methods and applications. *Nutr. Hosp.* 2015; 31(3): 245–254.
6. Выборная К.В., Соколов А.И., Кобелькова И.В., Лавриненко С.В., Клочкова С.В., Никитюк Д.Б. Основной обмен как интегральный количественный показатель интенсивности метаболизма. *Вопросы питания.* 2017; 86(5): 5–10.
7. Gallagher D., Allen A., Wang Z., et al. Smaller organ tissue mass in the elderly fails to explain lower resting metabolic rate. *Ann N Y Acad Sci.* 2006; 904(1): 449-455. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06499.x>.
8. Шебеко Л.В. Обмен веществ и энергии как условие жизни и сохранения гомеостаза: Лекция 10. URL: <http://astgmu.ru/wp-content/uploads/2020/06/10-lek.-st.f.-obmen-veshhestv-27.06.20g.pdf>. (дата обращения 13.07.2022)
9. Окороков П.Л., Васюкова О.В., Ширяева Т.Ю. Сравнение точности оценки основного обмена в покое у детей с простым ожирением при использовании расчетных формул и метода непрямой респираторной калориметрии. *Ожирение и метаболизм.* 2019;16(2):54-59. DOI: <https://doi.org/10.14341/omet9729>.
10. Окороков П.Л. Роль непрямой респираторной калориметрии в оценке основного обмена в покое у детей с ожирением. *Проблемы эндокринологии.* 2018; 64(2): 130-136. DOI: <https://doi.org/10.14341/probl8754>.
11. Henes S.T., Cummings D.M., Hickner R.C. Comparison of predictive equations and measured resting energy expenditure among obese youth attending a pediatric healthy weight clinic: one size does not fit tall. *Nutr Clin Pract.* 2013;28(5):617-624. DOI: <https://doi.org/10.1177/0884533613497237>

12. Lazzer S., Agosti F., De Col A., Sartorio A. Development and crossvalidation of prediction equations for estimating resting energy expenditure in severely obese Caucasian children and adolescents. *Br J Nutr.* 2007;96(05). DOI: <https://doi.org/10.1017/bjn20061941>
13. Chima L, Mulrooney H.M., Warren J., Madden A.M. A systematic review and quantitative analysis of resting energy expenditure prediction equations in healthy overweight and obese children and adolescents. *J Hum Nutr Diet.* 2020; 33(3): 373-385. DOI: <https://doi.org/10.1111/jhn.12735>
14. Harris J.A., Benedict F.G. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci USA.* 1918; 4(12): 370-3. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.4.12.370>
15. Schofield W.N. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1985;39 Suppl 1:5-41. PMID: 4044297.
16. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/ UNU Expert Consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser.* 1985; 724: 1-206. PMID: 3937340.
17. Trumbo P., Schlicker S., Yates A.A., Poos M. Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine, The National Academies. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. *J Am Diet Assoc.* 2002; 102(11): 1621-30. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0002-8223\(02\)90346-9](https://doi.org/10.1016/s0002-8223(02)90346-9) .
18. Zhang L., Chen R., Li R., Chen M.Y., Huang R., Li X.N. Evaluating the predictive factors of resting energy expenditure and validating predictive equations for Chinese obese children. *World J Pediatr.* 2018; 14(2): 160-167. DOI: [10.1007/s12519-017-0111-9](https://doi.org/10.1007/s12519-017-0111-9).
19. Fuentes-Servín J., Avila-Nava A., González-Salazar LE, Pérez-González OA, Servín-Rodas MDC, Serralde-Zuñiga AE, Medina-Vera I, Guevara-Cruz M. Resting Energy Expenditure Prediction Equations in the Pediatric Population: A Systematic Review. *Front Pediatr.* 2021; 9: 795364. DOI: <https://doi.org/10.3389/fped.2021.795364>
20. Fullmer S., Benson-Davies S, Earthman C.P., Frankenfield D.C., Gradwell E., Lee P.S., Piemonte T., Trabulsi J. Evidence analysis library review of best practices for performing indirect calorimetry in healthy and non-critically ill individuals. *J Acad Nutr Diet.* 2015; 115(9): 1417-1446.e2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.04.003>
21. Богомолова Е.С., Олюшина Е.А., Котова Н.В., Максименко Е.О., Шапошникова М.В. Методические подходы к диагностике пищевого статуса детей и подростков (литературный обзор). *Медицина.* 2019; 7(4): 43-56. DOI: [10.29234/2308-9113-2019-7-4-43-56](https://doi.org/10.29234/2308-9113-2019-7-4-43-56)

References:

1. Brin V.B. Normal physiology: textbook. Moscow: GEOTAR-Media, 2016. 688 p. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970436646.html> (дата обращения 16.02.2022) (in Russian).
2. Pinheiro Volp A.C., Esteves de Oliveira F.C., Duarte Moreira Alves R., Esteves E.A., Bressan J. Energy expenditure: components and evaluation methods. *Nutr. Hosp.* 2011; 26(3): 430–440.
3. Teplyi D.L., Nesterov Yu.V., Kuryanova E.V., Kondratenko E.I., Altufiev Yu.V., Gorst N.A. and other Physiology of man and animals: a textbook. Astrakhan: Astrakhan University Publishing House, 2017. 336 p. (in Russian).

4. Kuznetsov V.I., Bozhko A.P., Gorodetskaya I.V. Normal physiology: a course of lectures. Vitebsk: VSMU, 2017. 611 p. (in Russian).
5. Blasco Redondo R. Resting energy expenditure; assessment methods and applications. *Nutr. Hosp.* 2015; 31(3): 245–254.
6. Vybornaya K.V., Sokolov A.I., Kobelkova I.V., Lavrinenko S.V., Klochkova S.V., Nikityuk D.B. Basal metabolism as an integral quantitative indicator of metabolic intensity. *Voprosy pitaniya.* 2017; 86(5): 5–10. (in Russian).
7. Gallagher D., Allen A., Wang Z., et al. Smaller organ tissue mass in the elderly fails to explain lower resting metabolic rate. *Ann N Y Acad Sci.* 2006; 904(1): 449-455. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb06499.x>
8. Shebeko L.V. Metabolism and energy as a condition for life and maintaining homeostasis: Lecture 10. URL: <http://astgmu.ru/wp-content/uploads/2020/06/10-lek.-st.f.-obmen-veshhestv-27.06.20g.pdf>. (Accessed 13.07.2022) (in Russian).
9. Okorokov P.L., Vasyukova O.V., Shiryayeva T.Yu. Comparison of the accuracy of resting basal metabolic rate in children with simple obesity using calculation formulas and the method of indirect respiratory calorimetry. *Ozhireniye i metabolizm.* 2019; 16(2): 54-59. DOI: <https://doi.org/10.14341/omet9729>.
10. Okorokov P.L. The role of indirect respiratory calorimetry in assessing resting basal metabolic rate in obese children. *Problemy endokrinologii.* 2018; 64(2): 130-136. DOI: <https://doi.org/10.14341/probl8754>. (in Russian).
11. Henes S.T., Cummings D.M., Hickner R.C. Comparison of predictive equations and measured resting energy expenditure among obese youth attending a pediatric healthy weight clinic: one size does not fit all. *Nutr Clin Pract.* 2013;28(5):617-624. DOI: <https://doi.org/10.1177/0884533613497237>
12. Lazzer S., Agosti F., De Col A., Sartorio A. Development and crossvalidation of prediction equations for estimating resting energy expenditure in severely obese Caucasian children and adolescents. *Br J Nutr.* 2007;96(05). DOI: <https://doi.org/10.1017/bjn20061941>
13. Chima L, Mulrooney H.M., Warren J., Madden A.M. A systematic review and quantitative analysis of resting energy expenditure prediction equations in healthy overweight and obese children and adolescents. *J Hum Nutr Diet.* 2020; 33(3): 373-385. DOI: <https://doi.org/10.1111/jhn.12735>
14. Harris J.A., Benedict F.G. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proc Natl Acad Sci USA.* 1918; 4(12): 370-3. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.4.12.370>
15. Schofield W.N. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr.* 1985;39 Suppl 1:5-41. PMID: 4044297.
16. Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/ UNU Expert Consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser.* 1985; 724: 1-206. PMID: 3937340.
17. Trumbo P., Schlicker S., Yates A.A., Poos M. Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine, The National Academies. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. *J Am Diet Assoc.* 2002; 102(11): 1621-30. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0002-8223\(02\)90346-9](https://doi.org/10.1016/s0002-8223(02)90346-9) .

18. Zhang L., Chen R., Li R., Chen M.Y., Huang R., Li X.N. Evaluating the predictive factors of resting energy expenditure and validating predictive equations for Chinese obese children. *World J Pediatr.* 2018; 14(2): 160-167. DOI: 10.1007/s12519-017-0111-9.
19. Fuentes-Servín J., Avila-Nava A., González-Salazar LE, Pérez-González OA, Servín-Rodas MDC, Serralde-Zuñiga AE, Medina-Vera I, Guevara-Cruz M. Resting Energy Expenditure Prediction Equations in the Pediatric Population: A Systematic Review. *Front Pediatr.* 2021; 9: 795364. DOI: <https://doi.org/10.3389/fped.2021.795364>
20. Fullmer S., Benson-Davies S, Earthman C.P., Frankenfield D.C., Gradwell E., Lee P.S., Piemonte T., Trabulsi J. Evidence analysis library review of best practices for performing indirect calorimetry in healthy and non-critically ill individuals. *J Acad Nutr Diet.* 2015; 115(9): 1417-1446.e2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.04.003>
21. Bogomolova E.S., Olyushina E.A., Kotova N.V., Maksimenko E.O., Shaposhnikova M.V. Methodological approaches to diagnosing the nutritional status of children and adolescents (literature review). *Medsitsina.* 2019; 7(4): 43-56. DOI: 10.29234/2308-9113-2019-7-4-43-56 (in Russian).

Поступила/Received: 23.08.2022

Принята в печать/Accepted: 08.02.2023

УДК 616.314-085

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ
СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У РАБОТНИКОВ ХИМИЧЕСКОГО
ПРОИЗВОДСТВА И ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Зайдуллин И.И., Каримова Л.К., Бакиров А.Б., Ларионова Т.К., Бейгул Н.А., Галимова Р.Р.

ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

Полость рта является связующим звеном между окружающей средой и внутренней средой организма, формируя область, подверженную прямому воздействию вредных веществ и промышленной пыли. Высокая распространенность заболеваний пародонта у рабочих, контактирующих с химическим фактором и промышленной пылью, является нерешенной проблемой современной стоматологии.

Цель – изучить производственные факторы риска, влияющие на состояние здоровья полости рта, и провести анализ распространенности стоматологических заболеваний.

Методология. Объектом исследования являлись работники химического и горно-обогатительного предприятия, подвергающиеся воздействию комплекса промышленных ксенобиотиков в сочетании с шумом, неблагоприятным микроклиматом, тяжестью и напряженностью трудового процесса. В зависимости от условий труда были сформированы 2 основные группы обследованных: группу 1 составили 883 работника производства мономеров, во 2 группу вошли 248 работников горно-обогатительного предприятия.

Результаты. В ходе проведения стоматологического обследования у работников производства мономеров и горно-обогатительного комплекса выявлен низкий уровень гигиены полости рта. Высокий показатель распространенности заболеваний пародонта наблюдался у работников производства мономеров со стажем работы свыше 20 лет: хронический пародонтит тяжелой степени определялся у 29,3% работников производства изопрена и дивинила, у 33,5% работников производства стирола и у 55,5% работников производства окиси этилена. У работников горно-обогатительного предприятия распространенность кариеса зубов составила 100% при значении индекса КПУ - 14,9. Распространенность некариозных поражений твердых тканей зубов составила: клиновидного дефекта - 41,9%, патологической стираемости зубов - 45,9%.

Выводы. Распространенность заболеваний полости рта у работников производства мономеров зависела от класса условий труда по химическому фактору и стажу работы. У работников, занятых добычей и переработкой руд, диагностирована высокая распространенность и интенсивность кариозных и некариозных заболеваний зубов. Воздействие химических веществ обуславливает у работников различных производств изменения гематологических и биохимических показателей.

Ключевые слова: химическое производство, горнорудная промышленность, пародонтит, кариес зубов, некариозные заболевания, здоровье полости рта, производственные факторы риска.

Для цитирования: Зайдуллин И.И., Каримова Л.К., Бакиров А.Б., Ларионова Т.К., Бейгул Н.А., Галимова Р.Р. Производственные факторы риска развития стоматологических заболеваний у работников химического производства и горно-обогатительного предприятия. Медицина труда и экология человека. 2023;1:91-104.

Для корреспонденции: Искандер Ильдарович Зайдуллин, врач стоматолог, м.н.с. отдела медицины труда Уфимского НИИ медицины труда и экологии человека, e-mail: iskanderdent@yahoo.com

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10107>

OCCUPATIONAL RISK FACTORS FOR ORAL DISEASES AMONG WORKERS IN CHEMICAL PRODUCTION AND MINING MANUFACTURING COMPANY

Zaydullin I.I., Karimova L.K., Bakirov A.B., Larionova T.K., Beigul N.A., Galimova R.R.

¹Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

Background. The oral cavity is the link between the environment and the internal environment of the body, forming an area directly exposed to harmful substances and industrial dust. The high prevalence of periodontal diseases among workers in contact with chemical agents and industrial dust is an unresolved problem in modern dentistry.

Purpose. To assess the impact of risk factors on oral health and analyze the prevalence of oral diseases.

Methods. The object of the study were workers of the chemical and mining manufacturing company exposed to a complex of industrial xenobiotics in combination with noise, an unfavorable microclimate, the severity and intensity of the labor process. Depending on the working conditions, 2 main groups of the surveyed were formed: Group 1 consisted of 883 monomer production workers, Group 2 included 248 workers of the mining manufacturing company.

Results. The dental examination showed that a low level of oral hygiene was revealed among workers in the production of monomers and mining manufacturing company. A high prevalence of periodontal diseases was observed in monomer production workers with more than 20 years of work experience: severe chronic periodontitis was detected in 29.3% of isoprene and divinyl production workers, in 33.5% of styrene production workers and in 55.5% of oxide ethylene production workers. Among workers of the mining manufacturing company, the prevalence of dental caries was 100% with the value of the DMFT index - 14.9. The prevalence of non-carious lesions of hard tissues of the teeth was: wedge-shaped defect - 41.9%, pathological abrasion of teeth - 45.9%.

Conclusions. The prevalence of oral diseases among monomer workers depended on the class of working conditions according to the chemical factor and work experience. Workers involved in the extraction and processing of ores have been diagnosed with a high prevalence and intensity of

carious and non-carious dental diseases. Exposure to chemicals causes changes in hematological and biochemical parameters in workers of various industries.

Keywords: *chemical production, mining, periodontitis, caries, non-carious diseases, oral health, occupational risk factors.*

Correspondence: *Iskander I. Zaidullin, Dentist, Junior researcher at the Department of Occupational Health, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, e-mail iskanderdent@yahoo.com*

Citation: *Zaydullin I.I., Karimova L.K., Bakirov A.B., Larionova T.K., Beigul N.A., Galimova R.R. Occupational risk factors for oral diseases among workers in chemical production and mining manufacturing company. Occupational health and human ecology. 2023;1:91-104.*

Financing. *The study had no financial support.*

Conflict of interest. *The authors declare no conflict of interest.*

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10107>

Работники различных отраслей промышленности подвергаются воздействию вредных химических веществ, присутствующих в технологическом процессе в виде сырья, промежуточных и товарных продуктов. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД) также являются распространенными вредными факторами рабочей среды [1]. Воздействие химического фактора и АПДФ, уровни которых превышают соответствующие гигиенические нормативы, обуславливает развитие профессиональных заболеваний, наиболее распространенными из которых являются пневмокониозы, интоксикации, заболевания кожи [2,3,4].

В целом по Российской Федерации в 2017-2021 гг. наблюдалось относительное постоянство удельного веса работников, занятых в условиях, не отвечающих гигиеническим нормативам по химическому фактору, - 7,7-7,9% от общей численности работников по всем видам экономической деятельности. За аналогичный период этот же показатель по Республике Башкортостан (РБ) соответствовал 8,4-8,8%. Удельный вес работников, осуществляющих свою профессиональную деятельность в условиях повышенной запыленности на рабочем месте, составил 4,5-4,6% и 2,7-2,9% соответственно по России и РБ.

Химический фактор присутствует на многих рабочих местах предприятий различных отраслей экономики. В условиях вредного воздействия, превышающих соответствующие гигиенические нормативы, трудятся работники преимущественно химической, нефтехимической и фармацевтической промышленности.

Наиболее интенсивное пылевыделение в зоне дыхания работника характерно для горнорудной промышленности, металлургии, сельского хозяйства, машиностроения (в литейном производстве), строительства, производства строительных материалов и выполнения сварочных работ.

Здоровье полости рта составляет неотъемлемую часть общего здоровья и является связующим звеном между окружающей средой и внутренней средой организма, формируя область, подверженную прямому воздействию вредных веществ и промышленной пыли [5,6]. Помимо этого, ухудшение стоматологического здоровья работников может быть

вызвано хроническим стрессом и обострением системных заболеваний, в связи с переутомлением на рабочем месте (7,8). К настоящему времени собраны данные о распространенности и степени тяжести стоматологических заболеваний у работников, контактирующих с вредными веществами и АПФД в условиях металлургических, нефтехимических, горнорудных предприятий и строительства, превышающие соответствующие показатели у лиц, не подвергавшихся воздействию химических факторов (9-19).

Высокая распространенность заболеваний пародонта у рабочих, контактирующих с химическим фактором и промышленной пылью, является нерешенной проблемой современной стоматологии. Значительная чувствительность структурных компонентов пародонта делает его уязвимым к воздействию внешних физико-химических раздражителей, а постоянное и незаметное поступление в организм промышленных ксенобиотиков создает химическую и пылевую нагрузки, вызывающие иммуносупрессивное состояние, снижение специфической и неспецифической защиты, нарушение микробного равновесия [20,21].

По данным литературы, для оценки риска воздействия ксенобиотиков и АПФД на здоровье полости рта необходимо учитывать как физические факторы, так и физико-химические свойства соединений и уровни загрязнения ими воздуха рабочей зоны [9,13].

Несмотря на растущее внимание к вопросу сохранения здоровья работающих во вредных условиях труда научных данных о взаимодействии химических веществ с тканями полости рта и потенциальным развитием различных патологических состояний немного. В связи с этим является актуальным исследование и оценка стоматологического здоровья у работников различных производств, контактирующих с вредными химическими веществами и АПФД.

Материал и методы. Объектом исследования являлись работники химического и горно-обогатительного предприятий, подвергающиеся воздействию комплекса промышленных ксенобиотиков в сочетании с шумом, неблагоприятным микроклиматом, тяжестью и напряженностью трудового процесса.

В зависимости от условий труда и особенностей производства были сформированы следующие основные группы обследованных.

1 группу составили работники производства мономеров, которых разделили на 3 подгруппы: 1.1 – работники производства изопрена и дивинила (385 человек), 1.2 – работники производства стирола (310 человек), 1.3 – работники производства окиси этилена (188 человек).

Во 2 группу вошли 248 работников основного производства горно-обогатительного предприятия.

Группы сравнения составили работники тех же предприятий, аналогичные по возрасту, полу, стажу работы, наличию вредных привычек, не контактирующие с химическими веществами и промышленными аэрозолями. Группу сравнения для химического предприятия составили 148 человек, для горно-обогатительного производства – 139 человек.

При обследовании были выбраны следующие критерии исключения: женский пол, наличие менее 16 зубов, системные заболевания (сахарный диабет, болезнь Крона, ВИЧ-инфекция, онкологические заболевания), проведение лечения у врача-стоматолога за последние 6 месяцев, прием нестероидных противовоспалительных препаратов в течение последнего месяца.

Стоматологическое обследование работников проводили в соответствии с рекомендациями ВОЗ, которые включали сбор жалоб, анамнезов жизни и болезни, внешний и внутриротовой осмотры с описанием пародонтального статуса. Для оценки влияния химических факторов и промышленных аэрозолей на состояние организма работников было проведено клинико-лабораторное исследование, включавшее в себя общий клинический и биохимический анализы крови.

Клиническое обследование выполняли в рамках углубленного периодического медицинского осмотра, проведенного на базе ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека» в 2016-2020 гг. От всех пациентов было получено информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

Статистическая обработка результатов проведена с использованием программного пакета IBM SPSS Statistics 23.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA). Оценку нормальности распределения данных в исследуемых группах осуществляли по критерию Колмогорова – Смирнова и в зависимости от полученного результата достоверность различий определяли с использованием соответствующих критериев для межгруппового сравнения. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты. Несмотря на использование в технологическом процессе герметичных аппаратов и оборудования в воздухе рабочей зоны производств изопрена и дивинила в основном регистрируются бута-1,3-диен (дивинил), N-N-диметилформамид и 2-метилбута-1,3-диен (изопрен) в концентрациях, превышающих гигиенические нормативы в 1,2-2,1 раза, что дает основание оценить условия труда работников по химическому фактору как вредные 1 степени. При выполнении технологических операций в производстве этилбензола-стирола в воздушную среду выделяются бензол и его производные (метилбензол, этилбензол, этенилбензол (стирол)) (класс 3.2). Для производства окиси этилена характерно наличие в воздухе рабочей зоны алкенов и 1,2-эпоксиэтана, обладающего канцерогенным действием на организм человека. Среднесменные концентрации 1,2-эпоксиэтана (окиси этилена) в воздухе достигали в отдельных случаях $5,7 \text{ мг/м}^3$, что соответствовало 3 классу 3 степени вредности.

На работников основных профессий горнодобывающего предприятия воздействуют АПФД, в состав которых входят пыль медносульфидной руды и силикатсодержащие пыли в комплексе с вредными веществами, содержащимися в том числе и в выхлопных газах автотранспортных средств (предельные углеводороды, альдегиды, оксиды азота, углерода и серы). Содержание выделяемой в воздушную среду пыли с учетом мероприятий, направленных на пылеподавление, превышало соответствующие предельно допустимые концентрации в 1,6-1,8 раза. Условия труда по уровню АПФД оценивались 3 классом 1 степени вредности.

Учитывая различия в условиях труда обследованных работников, были сформированы 2 группы, характеристика которых представлена в таблице 1.

Для определения уровня гигиены использовался упрощенный индекс гигиены полости рта (ОНИ-S). Среднее значение индекса ОНИ-S во всех изученных группах находилось в диапазоне от 2,7 до 3,4, что соответствовало плохому уровню гигиены.

Таблица 1

Общая характеристика обследованных профессиональных групп

Table 1

General characteristics of occupational groups examined

Показатели	работники производства мономеров			группа сравнен ия (n=148)	работники горно- обогащен ного предпри ятия (n=246)	группа сравнен ия (n=139)
	1.1 группа (n=385)	1.2 группа (n=310)	1.3 группа (n=188)			
возрастно- половая						
мужской пол (%)	100	100	100	100	100	100
возраст (лет)	36,3 ± 12,3	36,8 ± 11,9	40,5±13, 2	38,6±11, 1	40,7±12,1	37,7±8,2
стаж работы (лет)	13,2±11,6	13,4±10, 2	14,7±10, 8	14,3±10, 5	15,1±11,3	13,8±8,8
клинические характеристики						
количество зубов	27,2±4,1	27,0±3,6	23,5±3,4 *	26,3± 3,7	25,7±3,3	26,5±2,8
PD (мм)	3,4±2,6	3,2±2,2	4,6±2,3*	3,6±2,6	4,3±2,6	3,9±2,3
CAL (мм)	4,4±2,8	4,2±2,5	6,0±3,1*	4,6±2,6	5,2±3,3**	4,3±2,8
ВОР, %	32,7±19,2	36,3±25, 0	44,2±26, 1*	34,2± 22,1	35,4±20,8	37,8±24, 2
КПУ	14,5	14,8	15,4	13,9	14,9	13,8
ОНИ-S	2,8±1,5	2,7±1,2	3,1±1,3	2,9±1,5	3,4±1,6	3,1±1,3

*статистически значимые различия с группой сравнения I (p < 0,05, U-критерий Манна-Уитни)

**статистически значимые различия с группой сравнения II (p < 0,05, U-критерий Манна-Уитни)

*statistically significant difference with comparison Group I (P<0.05, Mann-Whitney U-test)

**statistically significant differences with comparison Group II (P<0.05, Mann-Whitney U-test)

При проведении стоматологического обследования работников производств мономеров выявлены значительные различия клинического состояния ротовой полости. В группе обследуемых 1.3 (производство окиси этилена) установлены наиболее высокие

клинические значения глубины пародонтального кармана (PD), уровня потери эпителиального прикрепления (CAL) и показателя кровоточивости (BOP), которые значительно превышают показатели у соответствующей группы сравнения ($p < 0,05$). Также нами было выявлено различие показателя среднего количества оставшихся зубов: в группе 1.3 количество составило $23,5 \pm 3,4$, что значительно меньше показателя в группе сравнения - $26,3 \pm 3,7$ ($p < 0,05$). При анализе суммарного значения индекса КПУ (интенсивность кариеса зубов) между группами различий не установлено. В то же время в структуре индекса показатель «У – удаленные зубы» в группе 1.3 практически в 1,5 раза превышал аналогичное значение в группе сравнения I ($6,9$ vs. $4,7$). В группах 1.1 и 1.2 достоверных различий с группой сравнения перечисленных выше показателей не установлено.

Частота встречаемости основных стоматологических заболеваний представлена в таблице 2.

Таблица 2

**Частота встречаемости основных стоматологических заболеваний
у работников различных производств, %**

Table 2

The frequency of occurrence of major dental diseases in workers of various industries, %

Нозологическая форма заболевания	работники производства мономеров			группа сравнения (n=148)	работники горно-обогатительного комплекса (n=246)	группа сравнения (139)
	1.1 группа (n = 385)	1.2 группа (n = 310)	1.3 группа (n = 188)			
кариес зубов	93,5	95,2	98,2	98,0	100,0	100,0
гингивит	13,6	8,1*	6,9*	17,2	15,0	18,0
пародонтит	77	84,5	91,5*	80,0	82,9	75,5
клиновидный дефект	10,4	8,7	9,0	10,8	41,9**	12,9
патологическая стираемость	6,3	7,7	8,5	7,3	45,9**	9,5
гиперстезия зубов	17,9	24,8	34,6*	22,3	26,0	18,7

*статистически значимые различия с группой сравнения I ($p < 0,05$, U-критерий Манна-Уитни)

**статистически значимые различия с группой сравнения II ($p < 0,05$, U-критерий Манна-Уитни)

*statistically significant difference with comparison Group I ($P < 0.05$, Mann-Whitney U-test)

**statistically significant differences with comparison Group II ($P < 0.05$, Mann-Whitney U-test)

При изучении распространенности стоматологических заболеваний у работников производства мономеров были выявлены существенные различия между подгруппами. Так, из воспалительных заболеваний пародонта в группах 1.2 и 1.3 реже всего регистрировалась начальная форма – гингивит, которая выявлялась лишь у 8,1 и 6,9% работников соответственно. В то же время пародонтит диагностировался у работников окиси этилена (группа 1.3) значительно чаще, чем в группе сравнения – 91,5 и 80% ($p < 0,05$). Следует отметить, что наиболее выраженные различия показателя распространенности заболеваний пародонта наблюдались у работников производства мономеров со стажем работы свыше 20 лет: хронический пародонтит тяжелой степени определялся у 29,3% в группе 1.1, у 33,5% в группе 1.2 и у 55,5% в группе 1.3, что почти вдвое превышает показатель группы сравнения – 29,0% ($p < 0,05$).

В результате обследования работников горно-обогатительного предприятия установлено высокое значение уровня потери эпителиального прикрепления, значительно превышающее показатель соответствующей группы сравнения – 5,2 мм и 4,3 мм (табл. 1). При анализе показателей индекса КПУ не было установлено различий общего и структурных показателей между работниками группы 2 и группой сравнения. В группе 2 выявлена высокая распространенность кариеса постоянных зубов, составившая 100%, и некариозных заболеваний зубов – клиновидного дефекта 41,9%, патологической стираемости 45,9% что в 3,2 и 4,8 раза превышает показатель группы сравнения (табл. 2).

В рамках расширенного периодического медицинского осмотра для изучения состояния здоровья у работников производства мономеров и горно-обогатительного комплекса были проведены дополнительные виды исследования: общеклинический и биохимический анализы крови. Средние значения гематологических показателей во всех группах находились в пределах нормы. В то же время у работников производства окиси этилена отмечалось снижение среднего количества эритроцитов $4,12 \pm 0,50 \cdot 10^{12}/л$ и тромбоцитов $218,3 \pm 22,6 \cdot 10^{12}/л$ по сравнению с группой сравнения ($4,58 \pm 0,43 \cdot 10^6/л$ и $248,8 \pm 47,3 \cdot 10^6/л$ соответственно ($p < 0,05$)).

Для выявления ранних признаков воздействия ксенобиотиков на организм человека было проведено исследование активности индикаторных ферментов печени. При анализе частоты отклонений ферментов АСТ и АЛТ от нормы установлено, что наиболее значительные изменения наблюдались у работников производства мономеров со стажем 16-20 лет. У лиц группы 1.1 частота отклонений ферментов АСТ и АЛТ составила 28,6% и 28,1%, что соответствовало показателям группы сравнения – 29,2% и 25,0%. В то же время обращает на себя внимание высокая частота отклонений в группе 1.2 и 1.3 – ферменты АСТ (51,1% и 71,8%) и АЛТ (44,7% и 76,1%).

Обсуждение. Установлено, что приоритетными вредными факторами в производстве мономеров являются химические соединения, соответствующие классу 3.1-3.3, в зависимости от конкретных производств. В процессе трудовой деятельности работники подвержены воздействию АПФД (3 класс 1 степени вредности) и комплекса химических веществ.

В ходе проведения стоматологического обследования у работников производства мономеров и горно-обогатительного комплексов выявлен низкий уровень гигиены – минимальное значение индекса ОНI-S составило 2,7 балла и высокий уровень интенсивности поражения зубов кариесом, минимальное значение индекса КПУ во всех изученных группах составило 13,8 балла. Для работников производства мономеров характерным являлась высокая частота воспалительных заболеваний пародонта, показатели которой у работников группы 1.3 достигала 91,5%. Следовательно, воздействие ксенобиотиков, соответствующих вредному 3.3 классу, вызывает наиболее значительные патологические изменения в полости рта. Полученные нами данные согласуются с результатами ранее проведенных исследований состояния стоматологического здоровья у работников химического и нефтехимического комплексов [16,22,23]. В свою очередь, у работников горнорудного комплекса наиболее характерным отличием являлся высокий уровень некариозных поражений зубов: патологическая стираемость диагностировалась у 56,9%, а клиновидный дефект - у 41,9% работников.

Абразивное воздействие рудничной пыли в сочетании с вредными веществами на твердые ткани зубов связывают с высокой распространенностью некариозных заболеваний у работников шахт, в особенности при изначальной морфологической неполноценности эмали и дентина [14,27]. Результаты наших исследований по распространенности некариозных заболеваний в группе работников горно-обогатительного комплекса со стажем работы свыше 20 лет согласуются с мнением ряда авторов, утверждающих о зависимости распространенности патологической стираемости зубов и клиновидного дефекта от стажа работы в контакте с промышленной пылью [27].

Определение достоверной информации мониторинга за уровнями загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами и определения их метаболитов в биосредах работников затруднена в связи с высокими затратами, связанными с системами биомониторинга и надзора, а также широким диапазоном путей воздействия ксенобиотиков на организм человека [28].

На сегодняшний день добиться устойчивого улучшения показателей стоматологического здоровья у работающего населения не представляется возможным, в связи с этим необходима смена профилактического подхода от индивидуальной высокотехнологической помощи к фокусированию усилий на всеобщем охвате работающего населения [29].

Результаты нашего исследования установили высокую распространенность заболеваний твердых тканей зубов и пародонта у работников, контактирующих с вредными веществами, что обуславливает необходимость разработки профилактических мероприятий для улучшения здоровья полости рта.

Вместе с тем данное исследование имеет ряд ограничений. Причинно-следственная связь между воздействием химических веществ на организм работников и патологическими изменениями в полости рта не могут быть установлены в полной мере из-за используемого поперечного дизайна исследования. Также не проводилась оценка дозой нагрузки вредных веществ на организм.

Выводы

1. Условия труда работников химических производств характеризуются воздействием химического фактора, соответствующего классам 3.1-3.3.
2. Распространенность заболеваний полости рта у работников зависела от класса условий труда по химическому фактору: при классе 3.3 (производство окиси этилена) пародонтит - 91,5%, индекс КПУ 15; при классе 3.2 (производство стирола и олигомеров) пародонтит – 84,5%, индекс КПУ 13; при классе 3.1 (дивинил, изопрен) пародонтит – 77,0%, индекс КПУ 12.
3. У работников горно-обогатительного предприятия диагностирована высокая распространенность и интенсивность стоматологических заболеваний: распространенность кариеса зубов составила 100% при значении индекса КПУ - 14,9. Распространенность некариозных поражений твердых тканей зубов составила: клиновидного дефекта - 41,9%, патологической стираемости зубов - 45,9%.
4. У работников производства окиси этилена установлены выраженные изменения гематологических и биохимических показателей, характеризующиеся снижением среднего количества эритроцитов и тромбоцитов ($4,12 \pm 0,50 \cdot 10^{12}/л$ и $218,3 \pm 22,6 \cdot 10^{12}/л$), высокой активностью индикаторных ферментов печени – частота отклонений уровня АСТ и АЛТ от нормы выявлена у 71,8% и 76,1% работников соответственно.

Список литературы:

1. Lim J.W. and Koh D. (2014). Chemical Agents that Cause Occupational Diseases. In The Wiley Blackwell Encyclopedia of Health, Illness, Behavior, and Society. <https://doi.org/10.1002/9781118410868.wbehibs399>.
2. Галимова Р. Р., Кудояров Э. Р., Бакиров А. Б. [и др.] Состояние здоровья работников производства бутилового каучука по результатам периодического медицинского осмотра. Медицина труда и экология человека. 2022; № 2(30): 75-83. DOI 10.24412/2411-3794-2022-10206.
3. Э. Р. Шайхлисламова, М. Р. Яхина, В. О. Красовский [и др.] Комплексная оценка качества здоровья стажированных рабочих горно-обогатительного комбината. Безопасность и охрана труда. 2021; № 2(87): 31-33.
4. Occupational Health [Internet] [(accessed on 4 October 2021)]. Available online: <https://www.who.int/westernpacific/health-topics/occupational-health>
5. Bhatnagar D.M. Oral Health: A Gateway to Overall Health. Contemp Clin Dent. 2021 Jul-Sep;12(3):211-212. doi: 10.4103/ccd.ccd_597_21. Epub 2021 Sep 21. PMID: 34759675
6. Zaitzu T., Kanazawa T., Shizuma Y., et al. Relationships between occupational and behavioral parameters and oral health status. Ind Health. 2017;55(4):381-390. doi:10.2486/indhealth.2017-0011
7. Redondo-Flórez L., Fernández-Lucas J., Clemente-Suárez V.J. (2020) Cultural differences in stress-related psychological, nutrition, physical activity and oral health factors of professors. Nutrients 12: 3644. doi: 10.3390/nu12123644.

8. Van Uffelen J.G., Wong J., Chau J.Y., Van Der Ploeg H.P., Riphagen I., et al. (2010) Occupational sitting and health risks: a systematic review. *American journal of preventive medicine* 39: 379–388. doi: 10.1016/j.amepre.2010.05.024
9. Baishya B., Satpathy A., Nayak R., Mohanty R. Oral hygiene status, oral hygiene practices and periodontal health of brick kiln workers of Odisha. *J Indian Soc Periodontol.* 2019;23(2):163-167. doi:10.4103/jisp.jisp_383_18
10. Gupta V.V., Asawa K., Bhat N., et al. Assessment of oral hygiene habits, oral hygiene practices and tooth wear among fertilizer factory workers of Northern India: A Cross sectional study. *J Clin Exp Dent.* 2015;7(5):e649-e655. Published 2015 Dec 1. doi:10.4317/jced.52332
11. Chaturvedi P., Bhat N., Asawa K., Tak M., Bapat S., Gupta V.V. Assessment of Tooth Wear Among Glass Factory Workers: WHO 2013 Oral Health Survey. *J Clin Diagn Res.* 2015;9(8):ZC63-ZC66. doi:10.7860/JCDR/2015/13904.6352
12. El-Said K.F., El-Ghamry A.M., Mahdy N.H., El-Bestawy N.A. Chronic occupational exposure to lead and its impact on oral health. *J Egypt Public Health Assoc.* 2008;83(5-6):451-466.
13. Chen W.L., Chen Y.Y., Wu W.T., Lai C.H., Sun Y.S., Wang C.C. Examining relationship between occupational acid exposure and oral health in workplace. *BMC Public Health.* 2020;20(1):1371. Published 2020 Sep 7. doi:10.1186/s12889-020-09496-6
14. Kumar S., Dagli R.J., Chandrakant D., Prabu D., Suhas K. Periodontal status of green marble mine labourers in Kesariyaji, Rajasthan, India. *Oral Health Prev Dent.* 2008;6(3):217-221.
15. Cengiz M.İ., Zengin B., İçen M., Köktürk F. Prevalence of periodontal disease among mine workers of Zonguldak, Kozlu District, Turkey: a cross-sectional study. *BMC Public Health.* 2018;18(1):361. Published 2018 Mar 16. doi:10.1186/s12889-018-5304-1
16. Кабирова М.Ф., Гиниятуллин И.И., Бакиров А.Б. Влияние неблагоприятных факторов производства этилбензола и стирола на состояние ткани пародонта. *Казанский медицинский журнал.* 2008;№ 4: 526-528.
17. Трофимчук А.А., Кабирова М.Ф., Гуляева О.А. [и др.] Оценка риска развития заболеваний полости рта у работников горно-обогатительного комбината, занятых добычей и переработкой медноцинковых руд. *Уральский медицинский журнал.* 2018; № 4(159): 52-54. DOI 10.25694/URMJ.2018.04.039.
18. Киселева Е.А., Элбакидзе А.З. Хронические воспалительные и неопластические стоматологические заболевания у рабочих горнорудной промышленности Кузбасса. *Медицина в Кузбассе.* 2011;Т. 10; № 1: 52-55.
19. Ministry of Health, Labour and Welfare Survey of Dental Diseases. 2016. [(accessed on 12 April 2022)]. Available online: <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/62-28-02.pdf>
20. Baccarelli A., Mocarelli P., Patterson D.G. Jr., Bonzini M., Pesatori A.C., Caporaso N., et al. 2002. Immunologic effects of dioxin: new results from Seveso and comparison with other studies. *Environ Health Perspect* 110:1169–1173
21. Solanki S., Dahiya R., Blaggana A., Yadav R., Dalal S., Bhayana D. Periodontal health status, oral mucosal lesions, and adverse oral habits among rubber factory workers of Bahadurgarh, Haryana, India. *Indian Journal of Dental Sciences.* 2019; 11(1): 7.
22. Ruppe K., Werckmeister J. Einflüsse chemischer Arbeitsumweltfaktoren auf die Prävalenz von Schäden im Zahn-, Mund- und Kieferbereich von exponierten Werktätigen [Effects of chemical

occupational environmental factors on the prevalence of damage to the teeth, mouth and jaw of exposed workers]. *Z Gesamte Hyg.* 1989 Dec;35(12):702-4.

23. Wierzbicka M, Marchlewska B, Musur E, Sentek B. Stan próchnicy, chorób przyzębia i błony śluzowej jamy ustnej u pracowników przemysłu petrochemicznego [Dental caries, periodontal diseases and the condition of mouth mucosa in workers of the petrochemical industry]. *Med Pr.* 1983;34(3):275-81).
24. Abbas I., Mohammad S.A., Peddireddy P.R., Mocherla M., Koppula Y.R., Avidapu R. Oral Health Status of Underground Coal Mine Workers of Ramakrishnapur, Adilabad District, Telangana, India - A Cross-Sectional Study. *J Clin Diagn Res.* 2016;10(1):ZC28-ZC31. doi:10.7860/JCDR/2016/15777.7059
25. EU-OSHA. Expert Forecast on Emerging Chemical Risks Related to Occupational Safety and Health. Luxembourg; 2009
26. Benzian H., Guarnizo-Herreño C.C., Kearns C., Muriithi M.W., Watt R.G. The WHO global strategy for oral health: an opportunity for bold action. *Lancet.* 2021 Jul 17;398(10296):192-194. doi: 10.1016/S0140-6736(21)01404-5.

References:

1. Lim J.W. and Koh D. (2014). Chemical Agents that Cause Occupational Diseases. In *The Wiley Blackwell Encyclopedia of Health, Illness, Behavior, and Society*. <https://doi.org/10.1002/9781118410868.wbehibs399>.
2. Galimova R.R., Kudoyarov E.R., Bakirov A.B., Karimova L.K., Valeeva E.T. The health status of nutyl rubber workers according to the results of the periodic medical examination. *Meditcina truda i ekologiya cheloveka.* 2022; 2:75-83 DOI 10.24412/2411-3794-2022-10206.
3. Shaykhlislamova E.R., Yakhina M.R., Krasovsky V.O. [et al.] Comprehensive assessment of the health quality of the trained workers of the mining and processing plant. *Bezopasnost i okhrana truda.* 2021; №. 2 (87): 31-33.
4. Occupational Health [Internet] [(accessed on 4 October 2021)]. Available online: <https://www.who.int/westernpacific/health-topics/occupational-health>
5. Bhatnagar D.M. Oral Health: A Gateway to Overall Health. *Contemp Clin Dent.* 2021 Jul-Sep;12(3):211-212. doi: 10.4103/ccd.ccd_597_21. Epub 2021 Sep 21. PMID: 34759675
6. Zaitso T., Kanazawa T., Shizuma Y., et al. Relationships between occupational and behavioral parameters and oral health status. *Ind Health.* 2017;55(4):381-390. doi:10.2486/indhealth.2017-0011
7. Redondo-Flórez L., Fernández-Lucas J., Clemente-Suárez V.J. (2020) Cultural differences in stress-related psychological, nutrition, physical activity and oral health factors of professors. *Nutrients* 12: 3644. doi: 10.3390/nu12123644.
8. Van Uffelen J.G., Wong J., Chau J.Y., Van Der Ploeg H.P., Riphagen I., et al. (2010) Occupational sitting and health risks: a systematic review. *American journal of preventive medicine* 39: 379–388. doi: 10.1016/j.amepre.2010.05.024
9. Baishya B., Satpathy A., Nayak R., Mohanty R.. Oral hygiene status, oral hygiene practices and periodontal health of brick kiln workers of Odisha. *J Indian Soc Periodontol.* 2019;23(2):163-167. doi:10.4103/jisp.jisp_383_18

10. Gupta V.V., Asawa K., Bhat N., et al. Assessment of oral hygiene habits, oral hygiene practices and tooth wear among fertilizer factory workers of Northern India: A Cross sectional study. *J Clin Exp Dent*. 2015;7(5):e649-e655. Published 2015 Dec 1. doi:10.4317/jced.52332
11. Chaturvedi P., Bhat N., Asawa K., Tak M., Bapat S., Gupta V.V.. Assessment of Tooth Wear Among Glass Factory Workers: WHO 2013 Oral Health Survey. *J Clin Diagn Res*. 2015;9(8):ZC63-ZC66. doi:10.7860/JCDR/2015/13904.6352
12. El-Said K.F., El-Ghamry A.M., Mahdy N.H., El-Bestawy N.A. Chronic occupational exposure to lead and its impact on oral health. *J Egypt Public Health Assoc*. 2008;83(5-6):451-466.
13. Chen W.L., Chen Y.Y., Wu W.T., Lai C.H., Sun Y.S., Wang C.C. Examining relationship between occupational acid exposure and oral health in workplace. *BMC Public Health*. 2020;20(1):1371. Published 2020 Sep 7. doi:10.1186/s12889-020-09496-6
14. Kumar S., Dagli R.J., Chandrakant D., Prabu D., Suhas K. Periodontal status of green marble mine labourers in Kesariyaji, Rajasthan, India. *Oral Health Prev Dent*. 2008;6(3):217-221.
15. Cengiz M.İ., Zengin B., İçen M., Köktürk F.. Prevalence of periodontal disease among mine workers of Zonguldak, Kozlu District, Turkey: a cross-sectional study. *BMC Public Health*. 2018;18(1):361. Published 2018 Mar 16. doi:10.1186/s12889-018-5304-1
16. Kabirova M.F., Giniyatullin I.I., Bakirov A.B., Shaydullina Kh.M., Usmanova I.N., Abdrakhmanova E.R., Valeeva E.R. The impact of adverse factors during production of ethylbenzene and styrene on parodontium. *Kazanskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2008;4: 526-528.
17. Trofimchuk A.A., Kabirova M.F., Gulyaeva O.A. [et al.] Assessment of the risk of developing oral diseases in workers of a mining and processing plant engaged in the extraction and processing of copper-zinc ores. *Uralskiy Meditsinskiy Zhurnal*. 2018; 4 (159): 52-54. DOI 10.25694/URMJ.2018.04.039.
18. Kiseleva E.A., Elbakidze A.Z. Chronic inflammatory and neoplastic stomatologic diseases at workers of the mining industry of kuzbas. *Meditsina v Kuzbasse*. 2011; Vol. 10 (1): 52-55.
19. Ministry of Health, Labour and Welfare Survey of Dental Diseases. 2016. [(accessed on 12 April 2022)]. Available online: <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/62-28-02.pdf>
20. Baccarelli A., Mocarelli P., Patterson D.G. Jr., Bonzini M., Pesatori A.C., Caporaso N., et al. 2002. Immunologic effects of dioxin: new results from Seveso and comparison with other studies. *Environ Health Perspect* 110:1169–1173
21. Solanki S., Dahiya R., Blaggana A., Yadav R., Dalal S., Bhayana D. Periodontal health status, oral mucosal lesions, and adverse oral habits among rubber factory workers of Bahadurgarh, Haryana, India. *Indian Journal of Dental Sciences*, 2019; 11(1): 7.
22. Ruppe K., Werckmeister J. Einflüsse chemischer Arbeitsumweltfaktoren auf die Prävalenz von Schäden im Zahn-, Mund- und Kieferbereich von exponierten Werktätigen [Effects of chemical occupational environmental factors on the prevalence of damage to the teeth, mouth and jaw of exposed workers]. *Z Gesamte Hyg*. 1989 Dec;35(12):702-4.
23. Wierzbicka M., Marchlewska B., Musur E., Sentek B.. Stan próchnicy, chorób przyzębia i błony śluzowej jamy ustnej u pracowników przemysłu petrochemicznego [Dental caries, periodontal diseases and the condition of mouth mucosa in workers of the petrochemical industry]. *Med Pr*. 1983;34(3):275-81).

24. Abbas I., Mohammad S.A., Peddireddy P.R., Mocherla M., Koppula Y.R., Avidapu R. Oral Health Status of Underground Coal Mine Workers of Ramakrishnapur, Adilabad District, Telangana, India - A Cross-Sectional Study. *J Clin Diagn Res.* 2016;10(1):ZC28-ZC31. doi:10.7860/JCDR/2016/15777.7059
25. EU-OSHA. Expert Forecast on Emerging Chemical Risks Related to Occupational Safety and Health. Luxembourg; 2009.
26. Benzian H., Guarnizo-Herreño C.C., Kearns C., Muriithi M.W., Watt R.G. The WHO global strategy for oral health: an opportunity for bold action. *Lancet.* 2021 Jul 17;398(10296):192-194. doi: 10.1016/S0140-6736(21)01404-5.

Поступила/Received: 15.02.2023

Принята в печать/Accepted: 22.02.2023

УДК: 614.3

ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КЛЕЩЕВОГО ВИРУСНОГО ЭНЦЕФАЛИТА В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Мухаметзянов А.М., Кайданек Т. В., Асылгареева Г.М., Курбатов Д.М.

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава
России, Уфа, Россия

В статье приведен анализ эпидемиологической ситуации по клещевому вирусному энцефалиту (КВЭ) в Республике Башкортостан (РБ) за 2011-2020 гг. В РБ определен тренд на снижение уровня заболеваемости КВЭ с сохранением показателей ниже среднемноголетнего значения в целом по РФ. Заболеваемость в РБ закономерно формируется среди населения старше 18 лет, с сохранением трендов по территориям риска и сформированными особенностями в динамике внутригодового распределения.

Цель исследования – изучить проявления эпидемического процесса КВЭ на территории РБ за многолетний период для оптимизации системы эпидемиологического надзора.

Материалы и методы. Материалом для исследования послужили зарегистрированные случаи КВЭ среди населения РБ за 2011-2020 гг. Проанализирован результат оперативного мониторинга обращения населения по поводу укусов клещами рода *Ixodes* и *Dermacentor*. По данным отчетной формы № 2 «Сведения об инфекционных и паразитарных заболеваниях» за 2011-2020 гг. Используются методы описательной эпидемиологии. В работе представлены данные о вирусофорности переносчика на территориях РБ. Произведена оценка заболеваемости в расчете на 100 тыс. населения. Определена достоверность различия сравниваемых показателей заболеваемости, доверительные интервалы (ДИ) показателей заболеваемости по территориям РБ. Проведен расчет прямолинейной тенденции и рассчитаны темпы ее снижения.

Результаты. Многолетняя динамика заболеваемости КВЭ за 2011-2020 гг. характеризовалась тенденцией выраженного снижения с темпами 11%. Среднемноголетний уровень заболеваемости в РБ 0,9 ДИ [1,0-0,8] на 100 тыс. населения был ниже, чем в целом в РФ - 1,2 на 100 тыс. населения. Основная масса случаев КВЭ (37,5%) регистрировалась в горно-лесной зоне Зауралья, лесной зоне северо-восточной части РБ. Среди заболевших КВЭ 64,8 % лиц проживали в сельской местности. Сохранены сезонные особенности заболеваемости КВЭ с активностью в летний период. Формирование заболеваемости КВЭ происходило с наибольшей частотой среди лиц 18 лет и старше. Сохранена активность природных очагов КВЭ на территориях некоторых районов РБ, где уровень заболеваемости статистически достоверно ($p < 0,05$) был выше показателей РБ. В целом в динамике определилось снижение вирусоформности клещей от 2,9% в 2011 г. до 0,1% в 2020 г. Определена тенденция снижения количества проведенных прививок от КВЭ на территориях риска по уровню заболеваемости.

Ключевые слова: клещевой вирусный энцефалит, уровень заболеваемости, эпидемиологическая ситуация, Республика Башкортостан, особенности проявления эпидемического процесса, эндемичные территории, группы риска, вирусоформность.

Для цитирования: Мухаметзянов А.М., Кайданек Т.В., Асылгареева Г.М., Курбатов Д.М. Эпидемиологические особенности клещевого вирусного энцефалита в Республике Башкортостан в условиях многолетних наблюдений. Медицина труда и экология человека. 2023;1:105-114.

Для корреспонденции: Курбатов Данил Михайлович – ординатор кафедры эпидемиологии ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: dan.kurbat@mail.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10108>

EPIDEMIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF TICK-BORNE VIRAL ENCEPHALITIS IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN UNDER LONG-TERM OBSERVATIONS

Mukhametzyanov A.M., Kaidanek T. V., Asylgareeva G.M., Kurbatov D.M.

Bashkirian State Medical University, Ufa, Russia

The article presents an analysis of the epidemiological situation of tick-borne viral encephalitis (TBVE) in the Republic of Bashkortostan (RB) between 2011 and 2020. It is shown that in the Republic of Bashkortostan a trend has been determined to reduce the incidence of TBVE with the preservation of indicators exceeding the average long-term values in the Republic of Bashkortostan on the whole. Morbidity is naturally formed among the population over the age of 18, with the preservation of trends in risk territories and the features of intra-annual distribution that remain in dynamics.

The purpose of the study. To study the manifestations of the TBVE epidemic process in the Bashkortostan Republic over a long period to optimize the system of epidemiological surveillance.

Materials and methods. The registered cases of TBVE among the Bashkortostan population between 2011 and 2020 were studied. We have analyzed the results of the operational monitoring of the population's treatment of the Ixodes and Dermacentor tick bites and the data of the report form No. 2 "Information on infectious and parasitic diseases" between 2011 and 2020. Methods of descriptive epidemiology were used. The paper presents data on the virusophoricity of the vector in the Republic of Bashkortostan. The morbidity rate was estimated per 100 thousand population. The reliability of the difference between the compared morbidity indicators, confidence intervals (CI) of morbidity indicators in the Republic of Bashkortostan have been determined. A rectilinear trend has been calculated and the rate of its decline has been calculated.

Results. The long-term dynamics of the incidence of TBVE between 2011 and 2020 was characterized by a pronounced decline with a rate of 11%. The average long-term morbidity rate in the Republic of Bashkortostan of 0.9 CI [1.0-0.8] per 100 thousand population was lower than in the Russian Federation as a whole of 1.2 per 100 thousand population. The majority of cases of TBVE (37.5%) were registered in the mountain-forest zone of the Trans-Urals, in the forest zone of the north-eastern part of the Republic of Bashkortostan. 64.8% of those with TBVE lived in rural areas. Seasonal features of the incidence of TBVE with activity in the summer are preserved. The formation of the incidence of TBVE occurred with the greatest frequency among 18-year old and older people. The activity of natural foci of TBVE was preserved in the territories of some regions of the Republic of Bashkortostan, where the incidence rate was statistically significantly ($p < 0.05$) higher than the indicators of the Republic of Bashkortostan. In general, the dynamics determined a decrease in the viral activity of ticks from 2.9% in 2011 to 0.1% in 2020. The tendency of reducing the number of vaccinations against TBVE in the risk areas by the level of morbidity has been determined.

Keywords: tick-borne viral encephalitis, incidence rate, epidemiological situation, Republic of Bashkortostan, features of manifestation, epidemic process, endemic territories, risk groups, virulence.

Citation: Mukhametzyanov A.M., Kaidanek T. V., Asylgareeva G.M., Kurbatov D.M. Epidemiological characteristics of tick-borne viral encephalitis in the Republic of Bashkortostan under long-term observations. *Occupational health and human ecology.* 2023;1:105-114.

Correspondence: Danil M. Kurbatov – Resident at the Department of Epidemiology of the Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry, e-mail: dan.kurbat@mail.ru

Financing: The study had no financial support.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10108>

Введение. Клещевой вирусный энцефалит (КВЭ) является актуальной проблемой здравоохранения. Это обусловлено риском развития тяжелых клинических форм заболевания, потерей трудоспособности и значительным экономическим ущербом [1, 2]. Заболеваемость КВЭ носит циклический характер [3, 4], во многом зависит от активности природных очагов, объемов и адресности мер специфической и неспецифической профилактики, а также от комплекса социально-экономических причин, обуславливающих интенсивность контактов населения с переносчиками возбудителя. Несмотря на тренды снижения заболеваемости в современный период ситуация по КВЭ в РФ остается эпидемиологически значимой. Случаи КВЭ ежегодно регистрируются на всех эндемичных территориях РФ [1, 2, 5]. Изучение особенностей эпидемиологических проявлений заболеваемости КВЭ на конкретной территории является необходимостью для оптимизации комплекса действий в направлении эффективного эпидемиологического надзора.

Обсуждение. В анализируемый период 2011-2020 гг. на 39 территориях РБ зарегистрировано 358 случаев заболевания КВЭ, среднемноголетний уровень заболеваемости составил 0,9 ДИ [1,0-0,8] на 100 тыс. населения, что ниже уровня в целом по РФ - 1,2 на 100 тыс. населения [1].

Отличия в проявлениях многолетней динамики заболеваемости на территории РБ КВЭ от максимального в 2012 г. до минимального в 2020 г. составили 4,3 раза. Сформирована выраженная тенденция снижения уровня в многолетней динамике с темпами снижения в 11% (рис. 1).

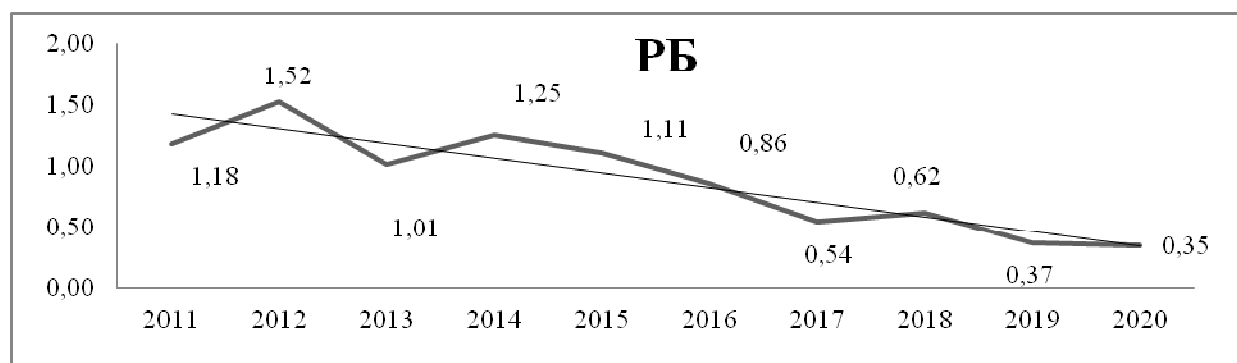


Рис. 1. Многолетняя динамика заболеваемости КВЭ в РБ за 2011-2020 гг.

Fig.1. Long-term dynamics of TVE incidence in the Republic of Bashkortostan between 2011 and 2020

Распределение заболеваемости по территориям РБ было неоднородным. Определены территории с более высоким уровнем заболеваемости, по сравнению с другими, что обусловлено ландшафтными, природно-климатическими условиями, которые определяли активность переносчиков (клещей) и риск контакта с ними [3].

За период исследования основная доля случаев заболевания регистрировалась в горно-лесной зоне Зауралья – Белорецком районе 16% (59 случаев) и Бурзянском районе 11% (41 случай), а также в лесной зоне северо-восточной части Башкортостана – Караидельском районе 5% (18 случаев), Аскинском районе 3% (10 случаев), Белокатайском районе 2,5 % (9 случаев). На указанных территориях по средним многолетним данным уровень заболеваемости КВЭ статистически достоверно ($p < 0,05$) отличался от такового в целом по РБ, что определяет эпидемиологическую значимость указанных территорий и указывает на высокий риск заражения и заболевания людей (табл. 1).

Таблица 1

Среднемноголетний уровень заболеваемости КВЭ на территориях Республики Башкортостан в 2011-2020 гг.

Table 1

Average long-term incidence of TVE in the Republic of Bashkortostan areas between 2011 and 2020

Территория	Абсолютное число случаев КВЭ	Заболеваемость КВЭ на 100 тыс. нас.
РБ	358	0,9 ДИ [1,1-0,7]
Белокатайский	9	4,7 ДИ [7,9-1,5]
Аскинский	10	4,9 ДИ [8,1-1,7]
Караидельский	18	6,8 ДИ [10,0-3,6]

Белорецкий	59	15,9 ДИ [18,3-13,5]
Бурзянский	41	24,7 ДИ [32,3-16,4]

Наибольший уровень заболеваемости, по средним многолетним данным, был определен в возрастной группе старше 18 лет - 2,1 ДИ [2,3-1,9] на 100 тыс., довольно высокий уровень заболеваемости определен у подростков 15-17 лет - 0,9 ДИ [1-0,8] на 100 тыс., близкий к нему по уровню заболеваемости — это школьники 7-14 лет - 0,8 ДИ [1-0,6] на 100 тыс., почти вдвое меньше уровень заболеваемости у детей дошкольного возраста и не зарегистрированы случаи КВИ у детей до года. Выявленные различия в возрастной заболеваемости в РБ определяются активностью участия взрослых людей старше 18 лет в различных процессах, которые связаны с деятельностью в природных условиях.

Основной фактор, определяющий риск заражения КВЭ, - это контакт с переносчиками возбудителя [2]. По среднемноголетним данным, среди заболевших КВЭ 64,8 % лиц проживали в сельской местности и чуть более трети заболевших были городскими жителями.

Особенности климатических условий формируют проявления эпидемического процесса внутри календарного года в связи с активностью переносчика [3]. Активация эпидемического процесса в РБ начинается в мае и заканчивается в октябре. Внутригодовая заболеваемость КВЭ в РБ характеризуется нарастанием уровня заболеваемости в весенний и летний периоды времени (май, июль). Максимальный показатель заболеваемости зарегистрирован в июле, что оказалось закономерным за весь период наблюдения. Снижение активности переносчиков приводит к снижению уровня заболеваемости, что определено в августе – октябре. С наступлением стабильных отрицательных температур воздуха (ноябрь-апрель) случаи КВЭ на территории РБ не регистрируются (рис. 2).

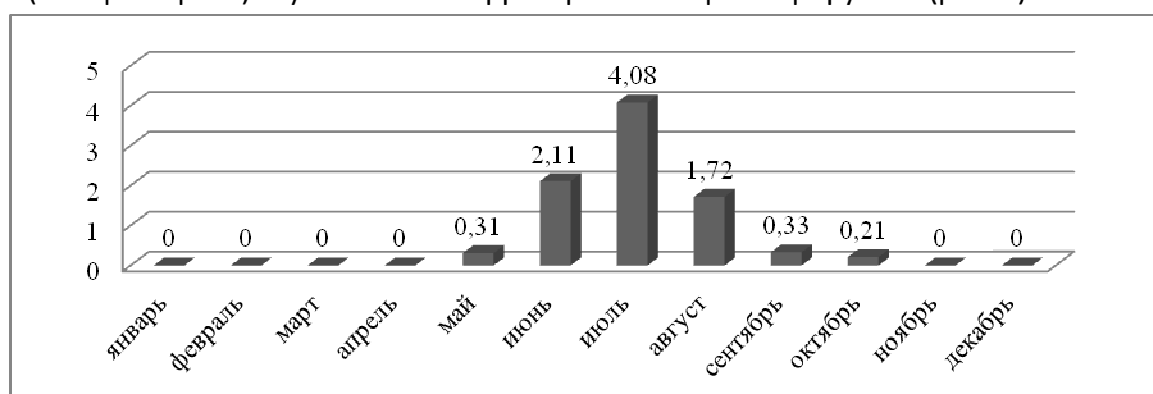


Рис. 2. Внутригодовое распределение заболеваемости КВЭ среди населения Республики Башкортостан за 2011-2020 гг.

Fig. 2. Intra-annual distribution of TVE incidence among the population of the Republic of Bashkortostan between 2011 and 2020

Параллельно изменениям частоты КВЭ в РБ изменяются показатели обращаемости по поводу укусов клещами. Однако показатели обращаемости по многолетним наблюдениям по поводу укусов клещами несколько смещены от регистрации случаев КВЭ, что связано с длительностью инкубационного периода указанной инфекции. Наибольшее количество

случаев обращаемости по поводу укусов клещами регистрируется с мая по июль. Указанное определяет необходимость в рамках осуществления эпидемиологического надзора в подсистеме принятия управленческих решений активизировать действия по проведению мероприятий по исключению риска контакта населения с переносчиком (рис. 3).

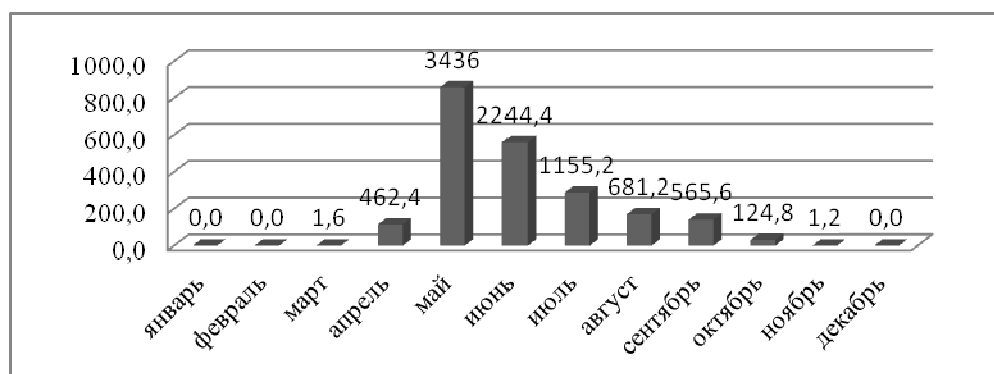


Рис. 3. Среднее количество обращений по поводу укуса клеща в Республике Башкортостан за 2011-2020 гг.

Fig. 3. The average number of referrals for a tick bite in the Republic of Bashkortostan between 2011 and 2020

Одним из элементов надзора за КВЭ и определения тактики проведения комплекса мероприятий профилактической направленности является оценка результатов мониторинга инфицированности клещей.

Активность эпидемического процесса КВЭ коррелировала с изменением показателей вирусоформности отобранных в условиях мониторинга клещей рода *Ixodes* и *Dermacentor*. В динамике определяется снижение вирусоформности клещей от 2,9% в 2011 г. до 0,1% в 2020 г. в условиях стабильных показателей количества отобранных образцов в рамках исполнения диагностической подсистемы системы эпидемиологического надзора за КВЭ. Не исключено, что снижение вирусоформности повлияло на уровень заболеваемости КВЭ. Однако изучение вирусоформности представляет научно-практический интерес, так как переносчики могут участвовать в процессах распространения других инфекционных агентов. Значимой составляющей, влияющей на риски развития заболеваемости, является проведение активной иммунизации на территориях риска определенных групп населения [2].

В РБ количество проведенных вакцинаций имеет тенденцию к снижению (табл. 2) либо не меняющиеся позиции по количеству в динамике. В рамках надзора определены территории риска по уровню заболеваемости и количеству проведенных вакцинаций против КВЭ. В Бурзянском районе РБ наиболее высокие уровни заболеваемости и самые низкие значения проведенных вакцинаций. Указанное требует оперативных управленческих решений для снижения эпидемиологического риска развития эпидемического процесса.

Таблица 2

**Многолетняя динамика количества проведенных прививок
против КВЭ на территориях риска в РБ**

Table 2

**Long-term dynamics of the number of vaccinations against TBE conducted in risk areas in the
Republic of Bashkortostan**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Аскинский район	160	120	150	160	182	120	244	220	135	120	160
Белокатайский район	374	500	346	380	300	500	500	500	269	300	306
Белорецкий район	342	254	265	350	350	250	250	250	610	245	600
Бурзянский район	108	100	115	76	85	95	150	356	198	200	108
Караидельский район	150	128	190	260	170	150	226	180	110	110	120
Республика Башкортостан	1454	1461	1638	1723	1283	1754	1561	1462	1253	1338	1361
	8	0	2	0	3	0	9	3	4	2	0

Заключение. Динамика заболеваемости КВЭ в целом по Республике Башкортостан характеризовалась благоприятной тенденцией, однако проблема социальной значимости инфекции остается прежней. Территории риска, на протяжении многолетних наблюдений, остаются прежними, что говорит о необходимости увеличения охвата профилактическими прививками данных территорий, усиления противоэпидемических мероприятий. В рамках надзора есть необходимость в изучении причин изменений вирусоформности переносчиков вируса клещевого энцефалита. В условиях цифровой трансформации системы здравоохранения необходимо интегрировать действия с органами практического здравоохранения в рамках оперативного реагирования, в том числе по проведению профилактических действий до активизации переносчиков и сезонного подъема заболеваемости КВЭ.

Список литературы:

1. Носков А.К., Андаев Е.И., Никитин А.Я., Пакскина Н.Д., Яцменко Е.В., Веригина Е.В., Толмачёва М.И., Балахонов С.В. Заболеваемость клещевым вирусным энцефалитом в субъектах Российской Федерации. Эпидемиологическая ситуация по клещевому вирусному энцефалиту в 2018 г. и прогноз на 2019 г. Проблемы особо опасных инфекций. 2019; № 1: 74-80.

2. Утенкова Е.О., Савиных Н.А. Клещевой энцефалит в России и Европе (обзор). Медицинский альманах. 2021; № 2 (67): 13-21.
3. Поцикайло О.В., Никитин А.Я., Носков А.К., Романова Т.Г., Курганов В.Е., Викторова Т.Н., Копылова И.А., Ботвинкин А.Д. Современные особенности эпидемиологии и результаты профилактики клещевого энцефалита в Республике Хакасия. Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2018; Т. 17; № 1 (98): 48-55.
4. Сорокина Ю.В., Коренберг Э.И., Нефедова В.В., Ковалевский Ю.В. Клещ *Ixodes trianguliceps* Bir как возможное звено циркуляции возбудителей облигатно-трансмиссивных инфекций в лесных сочетанных природных очагах Восточной Европы. Национальные приоритеты России. 2021; № 3 (42): 275-279.
5. Shirokostup S.V., Lukyanenko N.V. Tick-borne encephalitis epidemiology in western Siberia. Natural and Technical Sciences. 2021; № 11 (162):130-136.
6. Конькова-Рейдман А.Б., Злобин В.И., Тарасов В.Н., Тарасов Д.В. Актуальные аспекты эпидемиологического надзора за инфекциями, переносимыми клещами, на Южном Урале. Здоровье населения и среда обитания. 2012; № 1: 11-13.
7. Глинских Н.П., Кокорев В.С., Пацук Н.В., Кучкова Е.В., Гоголева О.Ю. Клещевой энцефалит: эпидемиология, клиника, диагностика, профилактика: монография. Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2006. 164 с.
8. Алексеев, А.Н. Современное состояние знаний о переносчике клещевого энцефалита. Вопросы вирусологии. 2007; №5: 21-26.
9. Kolyasnikova N. M., Gerasimov S. G., Ishmukhametov A. A. et al. Evolution of tick-borne encephalitis over an 80-year period: main manifestations, probable causes. Epidemiology and Vaccinal Prevention. 2020;19(3):78–88. <https://doi:10.31631/2073-3046-2020-19-3-78-88>
10. Онищенко, Г.Г. Организация надзора за клещевым энцефалитом и меры по его профилактике в Российской Федерации. Вопросы вирусологии. 2007; №5: 8-9
11. О.П. Ковтун, А.У. Сабитов, В.В. Романенко и др. Клещевой энцефалит у детей: учебно-методическое пособие. Екатеринбург: УГМА, 2012 г. 42с.
12. Билалова, Г.П. Вакцина клещевого энцефалита «Энцеовир»: Иммунобиологические и клинические испытания: 03.00.06. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Уфа; 2003. с. 25.
13. Рудаков Н.В., Ястребов В.К., Рудакова С.А. Эпидемиология, лабораторная диагностика и профилактика клещевых трансмиссивных инфекций человека на территориях с различной степенью риска заражения населения. Эпидемиология и вакцинопрофилактика 2014; № 5(78): 30- 35.
14. Леонова Г.Н., Крылова Н.В., Павленко Е.В. и др. Влияние реактогенности вакцин против клещевого энцефалита на иммунный ответ у вакцинированных людей. Бюлл. Сиб. мед. 2006; Т.5(1): 72-78.
15. Погодина В.В., Карань Л.С., Колясникова Н.М., Левина Л.С., Маленко Г.В., Гамова Е.Г. и др. Эволюция клещевого энцефалита и проблема эволюции возбудителя. Вопросы вирусологии. 2007; №5:16-21.
16. Информационное письмо Роспотребнадзора от 17.02.2021 № 02/3025-2021-32 «О перечне эндемичных территорий по клещевому вирусному энцефалиту в 2020 г.». URL: <https://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/748> (дата обращения 10.06.2022).

17. Приказ Роспотребнадзора от 01.12.2017 № 1116 «О совершенствовании системы мониторинга, лабораторной диагностики инфекционных и паразитарных болезней и индикации ПБА в Российской Федерации». URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=9445 (дата обращения 10.06.2022).
18. Коренберг Э.И., Помелова В.Г., Осин Н.С. Природно-очаговые инфекции, передающиеся иксодовыми клещами. М.: 2013. 463 с.
19. Приложение к письму Роспотребнадзора «Об эпидемиологической ситуации и прогноз заболеваемости клещевым вирусным энцефалитом в Российской Федерации в 2022 году. URL: <https://legalacts.ru/doc/pismo-rospotrebnadzora-ot-11042022-n-027815-2022-24-o-dopolnitelnykh-merakh/> (дата обращения 10.06.2022).
20. Шашина Н.И. Неспецифическая профилактика клещевого энцефалита и других клещевых инфекций в современных условиях. Вопросы вирусологии. 2007; №6:36 – 39.

References:

1. Noskov A.K., Andaev E.I., Nikitin A.Ya., Pakskina N.D., Yatsmenko E.V., Verigina E.V., Tolmacheva M.I., Balakhonov S.V. The incidence of tick-borne viral encephalitis in the constituent entities of the Russian Federation. Epidemiological situation on tick-borne viral encephalitis in 2018 and forecast for 2019. Problemy osobo opasnykh infektsiy. 2019; 1: 74-80.
2. Utenkova E.O., Savinykh N.A. Tick-borne encephalitis in Russia and Europe (review). Meditsinskiy almanakh. 2021; 2 (67): 13-21.
3. Potsikailo O.V., Nikitin A.Ya., Noskov A.K., Romanova T.G., Kurganov V.E., Viktorova T.N., Kopylova I.A., Botvinkin A.D. Modern features of epidemiology and the results of the prevention of tick-borne encephalitis in the Republic of Khakassia. Epidemiologiya i valtsinoprofilaktika. 2018; Vol. 17: No. 1 (98): 48-55.
4. Sorokina Yu.V., Korenberg E.I., Nefedova V.V., Kovalevsky Yu.V. Tick Ixodes Trianguliceps Bir as a possible link in the circulation of pathogens of obligate-transmissible infections in forest combined natural foci of Eastern Europe. Natsionalnye Prioritety Rossii. 2021; No. 3 (42): 275-279.
5. Shirokostup S.V., Lukyanenko N.V. Tick-borne encephalitis epidemiology in western Siberia. Estestvennye i Tekhnicheskie Nauki. 2021; № 11 (162):130-136.
6. Konkova-Reidman A.B., Zlobin V.I., Tarasov V.N., Tarasov D.V. Actual aspects of epidemiological surveillance of tick-borne infections in the Southern Urals. Zdorovie naseleniya i sreda obitaniya.2012; No. 1: 11-13.
7. Glinskikh N.P., Kokorev V.S., Patsuk N.V., Kuchkova E.V., Gogolev O.Yu. Tick-borne encephalitis: epidemiology, clinic, diagnosis, prevention: monograph. Yekaterinburg: Izd. AMB, 2006. 164 p.
8. Alekseev, A.N. The current state of knowledge about the vector of tick-borne encephalitis. Voprosy Virusologii. 2007; No. 5: 21-26.
9. Kolyasnikova N. M., Gerasimov S. G., Ishmukhametov A. A. et al. Evolution of tick-borne encephalitis over an 80-year period: main manifestations, probable causes. Epidemiology and Vaccinal Prevention. 2020;19(3):78–88. <https://doi:10.31631/2073-3046-2020-19-3-78-88>

10. Onishchenko G.G. Organization of surveillance of tick-borne encephalitis and measures for its prevention in the Russian Federation. *Voprosy Virusologii*. 2007; No. 5: 8-9.
11. Kovtun O.P., Sabitov A.U., Romanenko V.V. et al. Tick-borne encephalitis in children: teaching aid. Yekaterinburg: UGMA, 2012. 42p.
12. Bilalova, G.P. Tick-borne encephalitis vaccine "Encevir": Immunobiological and clinical trials: 03.00.06. Abstract of the PhD thesis (Med). Ufa. 2003. p.25
13. Rudakov N.V., Yastrebov V.K., Rudakova S.A. Epidemiology, laboratory diagnostics and prevention of tick-borne transmissible human infections in areas with varying degrees of risk of infection of the population. *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika*. 2014; No. 5(78): 30-35.
14. Leonova G.N., Krylova N.V., Pavlenko E.V. et al. Influence of reactogenicity of vaccines against tick-borne encephalitis on the immune response in vaccinated people. *Bull. Sib. Med.* 2006 - V.5 - Appendix 1 - P. 72-78.
15. V.V. Pogodina, L.S. Karan, N.M. Kolyasnikova, L.S. Levina, G.V. Malenko, E.G. Gamova et al. Evolution of tick-borne encephalitis and the problem of pathogen evolution. *Voprosy virusologii*. 2007; No. 5: 16-21.
16. Information letter of Rospotrebnadzor of February 17, 2021 No. 02/3025-2021-32 "On the list of endemic territories for tick-borne viral encephalitis in 2020". URL: <https://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/748> (accessed 06/10/2022).
17. Order of Rospotrebnadzor of December 1, 2017 No. 1116 "On improving the monitoring system, laboratory diagnosis of infectious and parasitic diseases and indication of PBA in the Russian Federation". URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=9445 (Accessed 10.06.2022).
18. Korenberg E.I., Pomelova V.G., Osin N.S. Natural focal infections transmitted by ixodid ticks. M.: 2013. 463 p.
19. Annex to the letter of Rospotrebnadzor "On the epidemiological situation and forecast of the incidence of tick-borne viral encephalitis in the Russian Federation in 2022. URL: <https://legalacts.ru/doc/pismo-rospotrebnadzora-ot-11042022-n-027815-2022-24-o-dopolnitelnykh-merakh/> (accessed 06/10/2022).
20. Shashina, N.I. Nonspecific prevention of tick-borne encephalitis and other tick-borne infections in modern conditions. *Voprosy Virusologii*. 2007; No. 6: 36 - 39.

Поступила/Received: 06.07.2022
Принята в печать/Accepted: 11.11.2022

УДК 314.14

ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ДИНАМИКА СМЕРТНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В ПРИВОЛЖСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ В 2019-2021 ГОДАХ

Ильина Л.А., Каримова Л.К., Фагамова А.З., Мулдашева Н.А., Шаповал И.В.

ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

Несмотря на проводимую государством последовательную демографическую политику последних лет, начиная с 2019 года в России и большинстве ее регионов наблюдалась отрицательная динамика показателей смертности и убыли населения по естественным причинам. В 2019-2021 гг. демографическая проблема, обусловленная ускорением роста показателя смертности, в первую очередь вызванной пандемией новой коронавирусной инфекции COVID-19, стала наиболее острой для большинства российских территорий. К их числу относится Приволжский федеральный округ (ПФО) – один из самых густонаселенных округов России (29 636,5 тыс. человек), занимающий 2-е место по численности населения после ЦФО (39 209,6 тыс. человек). В связи с этим всесторонний и комплексный анализ демографических процессов в ПФО, ключевым направлением которого стала оценка уровня и динамики смертности населения, в том числе трудоспособного возраста, является актуальным.

Цель исследования: анализ демографических процессов, обострившихся в период пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19, и динамики смертности населения в 2019-2021 гг. в Приволжском федеральном округе.

Материалы и методы исследования. Анализ демографических процессов и показателей смертности населения в Приволжском федеральном округе был выполнен с использованием официальных статистических данных и аналитических материалов по Приволжскому федеральному округу и регионам, входящим в его состав. Изучена динамика показателей смертности за 2019-2021 гг., а также избыточной смертности в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 с построением временных рядов с применением показателя среднего многолетнего значения числа умерших, полученного на основе сведений Росстата и системы ЕМИСС. При расчетах и графических построениях применялся программный пакет MS EXCEL (версия Office 365: 2002 (16.0.12527.20278)/10 марта 2020).

Результаты. Установлено, что снижение общей численности населения в ПФО за 2019-2021 гг. происходило вследствие резкой естественной убыли населения и ускорения роста показателя смертности. Проведенный анализ показал, что пандемия новой коронавирусной инфекции COVID-19 оказала негативное влияние на процессы естественной убыли населения в ПФО: в 2020 году она составляла -189,91 тыс. человек, в 2021 году -258,36 тыс. человек, что в сумме составило 82,3% от убыли населения за 2019-2021 гг. Тенденция снижения смертности от всех причин смерти, сложившаяся к началу 2019 года в округе, в 2020-2021 гг. приобрела резко отрицательный характер: смертность в 2020 году выросла на 23,3%, в 2021 году – на 39,5%. В условиях сложной эпидемиологической обстановки в ПФО наблюдалось как ускорение роста смертности,

так и избыточная смертность населения, которая по сравнению со средним многолетним значением (2016-2019 гг.) в 2020 году составляла +17,33%, в 2021 году +33,8%. Анализ месячной динамики числа умерших и средних многолетних значений умерших по отдельным регионам ПФО свидетельствует о том, что показатели избыточной смертности достигали максимальных значений в периоды первой и второй волн роста заболеваемости новой коронавирусной инфекцией COVID-19 и носили сезонный характер.

Заключение. Тенденция снижения общей численности населения ПФО в 2019-2021 гг., особенно в последний двухлетний период, усугублялась за счет резкой естественной убыли населения. Начавшаяся в 2020 году пандемия новой коронавирусной инфекции COVID-19 вызвала не только ускоренный рост смертности, но и избыточную смертность населения регионов ПФО. Сложившиеся в округе и входящих в него субъектах процессы депопуляции требуют комплексного анализа для определения основных направлений решения накопившихся демографических проблем и мер по снижению смертности.

Ключевые слова: регион, федеральный округ, население, смертность, трудоспособное население, избыточная смертность, новая коронавирусная инфекция.

Для цитирования: Ильина Л. А., Каримова Л. К., Фагатова А. З., Мулдашева Н. А., Шаповал И. В. Демографические процессы и динамика смертности населения в Приволжском федеральном округе в 2019-2021 годах. Медицина труда и экология человека. 2023;1:115-129.

Для корреспонденции: Ильина Луиза Асхатовна – канд. экон. наук, старший научный сотрудник отдела медицины труда ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека,» e-mail: list@ufanet.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10109>

DEMOGRAPHIC PROCESSES AND MORTALITY DYNAMICS IN THE VOLGA FEDERAL OKRUG BETWEEN 2019 AND 2021

Irina L.A., Karimova L.K., Fagatova A.Z., Muldasheva N.A., Shapoval I.V.

Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

In recent years, despite the demographic policy constantly pursued by the state since 2019 in Russia and most of its regions, there has been a negative trend in mortality rates and population decline due to natural causes. Between 2019 and 2021 the demographic problem caused by the accelerated growth in the mortality rate, primarily caused by the pandemic of the new coronavirus infection COVID-19, has become the most acute for most Russian areas. Among them is the Volga Federal Okrug (VFO), one of the most densely populated districts in Russia (29,636.5 thousand people), which ranks second in terms of population after the Central Federal Okrug (39,209.6 thousand people). In this regard, a comprehensive and complex analysis of demographic processes

in the Volga Federal Okrug, the key focus of which was the assessment of the level and dynamics of mortality in the population, including those of working age, is relevant.

The purpose of the study: analysis of demographic processes that have aggravated during the pandemic of a new coronavirus infection COVID-19, and the dynamics of mortality between 2019 and 2021 in the Volga Federal Okrug.

Materials and research methods. The analysis of demographic processes and mortality rates in the Volga Federal Okrug was carried out using official statistics and analytical materials for the Volga Federal Okrug and its constituent regions. The dynamics of mortality rates between 2019 and 2021, as well as excess mortality in the context of the pandemic of a new coronavirus infection COVID-19, was studied with the construction of time series using the indicator of the average long-term value of the number of deaths obtained based on the data from Rosstat and the EMISS system. For calculations and graphical constructions, the MS EXCEL software package (Office 365 version: 2002 (16.0.12527.20278) / March 10, 2020) was used.

Results. It has been shown that a decrease in the total population in the Volga Federal Okrug between 2019 and 2021 occurred as a result of a sharp natural population decline and accelerated growth in the death rate. The analysis showed that the pandemic of a new coronavirus infection COVID-19 had a negative impact on the processes of natural population decline in the Volga Federal Okrug: in 2020 it was -189.91 thousand people, in 2021 - 258.36 thousand people, which is a total of amounted to 82.3% of the population decline between 2019 and 2021. The downward trend in mortality from all causes of death, which has developed by the beginning of 2019 in the Okrug, between 2020 and 2021 has become sharply negative: mortality in 2020 increased by 23.3%, in 2021 - by 39.5%. In the context of a difficult epidemiological situation in the Volga Federal Okrug, both an acceleration in the growth of mortality and excess mortality of the population was observed, which, compared with the average long-term value (2016-2019), in 2020 amounted to +17.33%, in 2021 +33.8 %. An analysis of the monthly dynamics of the number of deaths and the average long-term values of deaths in certain regions of the Volga Federal Okrug shows that excess mortality rates reached maximum values during the first and second waves of the increase in the incidence of a new coronavirus infection COVID-19 and were of a seasonal nature.

Conclusion. The downward trend in the total population of the Volga Federal Okrug between 2019 and 2021, especially in the last two years, was aggravated due to a sharp natural decline in the population. The pandemic of a new coronavirus infection COVID-19, which began in 2020, led not only to an accelerated increase in mortality, but also to excess mortality in the regions of the Volga Federal Okrug. The processes of depopulation that have developed in the Okrug and its constituent entities require a comprehensive analysis to determine the main directions for solving the accumulated demographic problems and measures to reduce mortality.

Keywords: region, federal district, population, mortality, working-age population, excess mortality, new coronavirus infection

Citation: Ilina L. A., Karimova L. K., Fagamova A. Z., Muldasheva N. A., Shapoval I.V. Demographic processes and dynamics of population mortality in the Volga Federal District in 2019-2021. Occupational health and human ecology. 2022:115-129.

Correspondence: Luiza A. Ilina – Cand.Sc. (Econ., Senior Researcher, Department of Occupational Health, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, e-mail: list@ufanet.ru
Financing. The study had no financial support.

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10109>

Демографические процессы в ближайшие годы в России и большинстве ее регионов будут характеризоваться дальнейшим снижением численности населения, ростом смертности, а также избыточной смертностью на фоне сохраняющейся сложной эпидемиологической обстановки [1-11].

Вопросы демографического развития регионов и федеральных округов Российской Федерации (РФ) освещались в работах ряда авторов [12-17]. Установлено, что в 2020-2021 гг. на фоне пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 в большинстве субъектов ПФО наблюдалась отрицательная динамика показателей смертности и убыли населения по естественным причинам, а также росла избыточная смертность [18, 19]. Зарубежные авторы также указывали, что в современных условиях приоритетной является проблема снижения смертности населения [20-24].

Цель исследования: анализ демографических процессов в Приволжском федеральном округе, обострившихся в период пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19, динамики смертности населения за 2019-2021 гг. и избыточной смертности в 2020-2021 гг. на примере отдельных регионов округа.

Материалы и методы исследования. На примере Приволжского федерального округа был выполнен анализ демографических процессов и показателей смертности населения с использованием официальных статистических данных, форм государственной статистической отчетности по смертности и аналитических материалов по Приволжскому федеральному округу и регионам, входящим в его состав, за 2019-2021 гг. Изучена динамика показателей смертности, избыточной смертности населения в условиях пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 с применением показателя среднего многолетнего значения численности умерших за 2016-2019 гг. в регионах округа, полученных на основе сведений Росстата и данных Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС). При расчетах и графических построениях применялся программный пакет MS EXCEL (версия Office 365: 2002 (16.0.12527.20278)/10 марта 2020).

Результаты и обсуждение. На начало 2022 года площадь ПФО занимала 6,1% территории России, доля населения составляла 19,8% жителей страны (28 823,8 тыс. чел.).

В состав округа входят 14 регионов: 6 республик (Башкортостан, Марий-Эл, Мордовия, Татарстан, Удмуртия, Чувашия), Пермский край и 7 областей (Кировская, Нижегородская, Оренбургская, Пензенская, Самарская, Саратовская, Ульяновская).

Имеющийся на территории ПФО значительный производственный и трудовой потенциалы позволяют обеспечить четвертую часть всего промышленного производства Российской Федерации. В структуре валового регионального продукта Поволжья высока

доля обрабатывающих отраслей – 24,5%, а также добычи полезных ископаемых – 13,7% (по России – 19,3% и 10,5% соответственно).

От обеспеченности трудовыми ресурсами в значительной степени зависит эффективность использования экономического потенциала территории. По оценкам Росстата за 2019-2021 гг. наибольшее сокращение численности рабочей силы почти на 400 тысяч человек было зафиксировано в ПФО, при этом доля лиц в возрасте от 40 лет и старше в составе рабочей силе выросла с 51,7% в 2019 году до 53,6% в 2021 году.

Анализ показал, что демографические процессы последних «доковидных» лет в субъектах федерации, входящих в ПФО, аналогичны среднероссийским трендам. За 2010-2019 гг. уровень смертности в регионах округа существенно снижался, увеличивалась ожидаемая продолжительность жизни при рождении.

В указанный период в семи регионах ПФО (Татарстан, Башкирия, Удмуртия, Оренбургская область, Пермский край, Марий Эл и Чувашия) наблюдался положительный коэффициент естественного прироста населения, но в целом на территориях ПФО рост численности населения обеспечивало положительное сальдо миграции, которое на протяжении всех последних 10 лет было стабильно высоким только в Республике Татарстан.

В соответствии с предварительными итогами Всероссийской переписи населения 2021 года прирост численности населения в сравнении с данными переписи 2010 года наблюдался лишь в 20 субъектах страны, при этом в ПФО только Татарстан и Башкортостан демонстрировали увеличение данного показателя на 219 тыс. и 19 тыс. человек соответственно. Самые масштабные потери населения наблюдались в Кировской, Оренбургской и Нижегородской областях (-170 тыс., -187 тыс. и 192 тыс. человек соответственно).

Кризисные явления 2020-2021 гг. вызвали глубокие деформационные изменения в демографическом положении субъектов, входящих в состав ПФО.

Анализ показателей естественного и миграционного движения населения в регионах ПФО за 2019-2021 гг. свидетельствует о сохранении сложной демографической ситуации, вызванной естественной убылью населения, которая не компенсировалась миграционным притоком. В 2019-2021 гг. естественная убыль населения наблюдалась во всех регионах округа и имела наименьшее значение (-0,31%) в Республике Татарстан, наибольшее (-3,34%) в Пензенской области.

При том, что число мигрантов, которые могли бы компенсировать естественную убыль населения, сокращалось, только пять субъектов ПФО характеризовались положительным миграционным приростом: максимальным в Республике Татарстан – 20,23 тыс. человек и минимальным в Республике Марий Эл – 0,58 тыс. человек. В Саратовской области за три года миграция снизилась на 14,52 тыс. человек, что является худшим показателем по округу (табл. 1).

Таблица 1

Динамика естественного и миграционного движения населения в регионах Приволжского федерального округа за 2019-2021 гг.

Table 1

Dynamics of the natural and migration movement of the population in the regions of the Volga Federal Okrug between 2019 and 2021

	Прирост населения за 2019-2021 гг., %	Естественный прирост за 2019-2021 гг., тыс. чел.	Естественный прирост населения в 2021 г., тыс. чел.	Миграционный прирост за 2019-2021 гг., тыс. чел.
Республика Татарстан	-0,31	-31,67	-19,365	20,23
Республика Башкортостан	-1,22	-52,50	-27,033	4,06
Республика Марий Эл	-1,31	-9,44	-4,834	0,58
Удмуртская Республика	-1,52	-18,87	-9,002	-3,71
Самарская область	-1,61	-67,30	-30,222	16,72
Оренбургская область	-1,96	-37,11	-18,429	-0,94
Чувашская Республика	-2,04	-20,38	-9,432	-4,42
Пермский край	-2,07	-41,38	-19,143	-12,19
Нижегородская область	-2,19	-82,14	-36,816	13,09
Ульяновская область	-2,78	-30,22	-13,754	-4,13
Кировская область	-2,93	-31,41	-14,078	-5,69
Республика Мордовия	-3,12	-21,01	-9,376	-3,20
Саратовская область	-3,27	-64,08	-30,672	-14,52
Пензенская область	-3,34	-37,22	-16,208	-6,90

Основной вклад в ухудшение демографической ситуации в 2020 и 2021 годах в России и ее регионах внесла пандемия новой коронавирусной инфекции COVID-19, которая, с одной стороны, обусловила значительный прирост смертности, а с другой – привела к существенному ослаблению миграционных потоков из-за вводимых ограничений, что характерно и для ПФО.

Естественная убыль населения ПФО в 2020 году составила -189,91 тыс. человек, в 2021 году уже -258,36 тыс. человек, что составляет 47,4% от убыли населения за весь трехлетний период (544,73 тыс. человек).

Существенным проявлением неблагополучия в демографическом развитии регионов ПФО является высокий уровень смертности в 2019-2021 гг. (табл. 2).

Таблица 2

Относительные показатели смертности и естественного прироста населения (на 1000 чел. населения) в ПФО и его регионах в 2019-2021 гг.

Table 2

Relative mortality rates and natural population growth rates (per 1,000 people) in the Volga Federal Okrug and its regions between 2019 and 2021

	Общие коэффициенты смертности (число умерших на 1000 человек населения)			Коэффициенты естественного прироста населения (на 1000 человек населения)		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
<u>ПФО</u>	12,9	15,9	18,0	-3,3	-6,7	-8,9
<u>Республика Башкортостан</u>	12,1	15,0	16,6	-1,8	-4,8	-6,8
<u>Республика Марий Эл</u>	12,0	14,4	16,7	-2,2	-4,6	-7,2
<u>Республика Мордовия</u>	13,2	16,7	18,9	-5,7	-9,7	-12,1
<u>Республика Татарстан</u>	11,0	13,9	15,5	-0,1	-3,3	-5,0
<u>Удмуртская Республика</u>	11,9	14,1	15,6	-2,2	-4,4	-6,0
<u>Чувашская Республика</u>	12,4	15,5	17,0	-2,9	-6,2	-7,8
<u>Пермский край</u>	13,2	15,5	17,2	-3,0	-5,7	-7,4
<u>Кировская область</u>	14,3	16,8	19,6	-5,5	-8,4	-11,4
<u>Нижегородская область</u>	14,6	17,3	19,9	-5,6	-8,6	-11,6
<u>Оренбургская область</u>	13,0	16,3	18,9	-3,0	-6,7	-9,5

<u>Пензенская область</u>	14,0	17,5	19,9	-6,1	-10,1	-12,6
<u>Самарская область</u>	13,2	16,7	18,4	-3,9	-7,9	-9,6
<u>Саратовская область</u>	13,7	16,8	20,6	-5,4	-9,1	-12,9
<u>Ульяновская область</u>	13,8	16,9	19,6	-5,0	-8,5	-11,3

На протяжении всего рассматриваемого периода в округе наблюдалось увеличение общего коэффициента смертности (число умерших на 1000 человек населения) и, соответственно, снижение коэффициента естественного прироста населения (на 1000 человек населения).

Общие коэффициенты смертности (число умерших на 1000 человек населения) в 2021 году в сравнении с показателями ПФО (18,0‰) были ниже в Республике Татарстан (15,5‰), Удмуртской Республике (15,6‰), Республике Башкортостан (16,6‰) и Республике Марий Эл (16,7‰). Наихудшие значения показателя были в Саратовской (20,6‰), Пензенской (19,9‰), Нижегородской (19,9‰), Оренбургской (18,9‰) областях и Республике Мордовия (18,9‰).

Особо сложная ситуация сохранялась в Саратовской области, где в 2019-2021 гг. естественная убыль составляла 64,08 тыс. человек, а миграционная убыль – 14,52 тыс. человек. Наибольшая абсолютная убыль населения была зафиксирована также в Саратовской области – 78,9 тыс. человек и Нижегородской области – 70,3 тыс. человек. В остальных шести регионах ПФО значения рассматриваемого круга показателей за 2019-2021 гг. были сравнимы со средними значениями по округу.

Наряду со смертностью населения округа был проведен анализ избыточной смертности, под которой понимают временное увеличение смертности в популяции по сравнению с ожидаемой, которое, как правило, вызывается внешними причинами (экстремальные погодные условия, кардинально влияющие на состояние здоровья и жизнеспособность человека; эпидемии и пандемии; войны).

Избыточная смертность в нашем случае призвана оценить дополнительную смертность, связанную, в первую очередь, с эффектами пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19.

Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) рекомендует в качестве рабочего показателя (базы) для оценки избыточной смертности применять среднюю смертность за пять предыдущих лет. В региональном разрезе допустим показатель среднего многолетнего значения за три-четыре предыдущих года.

Анализ избыточной смертности в регионах ПФО в период с мая 2020 года (с момента появления статистически значимых данных об ускорении роста смертности населения) и до конца 2021 года проводили на основе сведений Росстата о числе зарегистрированных умерших по месяцам в указанный период и данных системы ЕМИСС. В качестве базы для сравнения использовались средние многолетние значения показателя числа умерших за 2016-2019 гг., которые были сгруппированы для отдельных субъектов ПФО.

При анализе избыточной смертности в качестве объектов были определены наиболее и наименее благополучные регионы ПФО, демографическая ситуация в которых была изучена выше, а именно: Республика Татарстан, Удмуртская Республика, Республика Башкортостан – лучшие; Саратовская, Пензенская, Нижегородская области – худшие.

Установлено, что в Республике Татарстан величина среднего многолетнего показателя смертности за 2016-2019 годы составляла 44 066 человек в год. В 2020 году умерло 54 276 человек, что на 10 210 человек больше среднего значения (+23,17%). В 2021 году в регионе умер 60 301 человек – на 16 235 человек больше среднего значения (+36,84%).

В результате сравнительного анализа временного ряда были получены данные по изменению числа умерших в 2020 и 2021 годах по сравнению со средними многолетними значениями в наиболее и наименее демографически благополучных шести регионах ПФО (табл. 3).

Таблица 3

Изменение числа умерших в 2020 и 2021 годах по сравнению со средними многолетними значениями в отдельных регионах ПФО

Table 3

Change in the number of deaths in 2020 and 2021 compared to the average long-term values in certain regions of the Volga Federal Okrug

Регион	Среднее многолетнее число умерших за 2016-2019 гг., чел.	Умерло за 2020 г., чел.	Изменение в 2020 г., %	Умерло за 2021 г., чел.	Изменение в 2021 г., %
РТ	44 066	54 276	+23.17	60 301	+36.84
Удмуртия	18 296	21 125	+15.46	23 275	+27.21
РБ	50 553	59 844	+18.38	66 366	+31.28
Саратовская	33 934	39 507	+16.42	49 050	+44.55
Пензенская	18 990	22 657	+19.31	25 559	+34.59
Нижегородская	48 264	55 086	+14.13	62 936	+30.4

В рамках более детального изучения влияния пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19 на смертность населения была рассмотрена помесечная динамика общего числа умерших в трех регионах ПФО (Татарстан, Башкортостан и Саратовская область) с мая 2020 года по декабрь 2021 года (рис. 1).

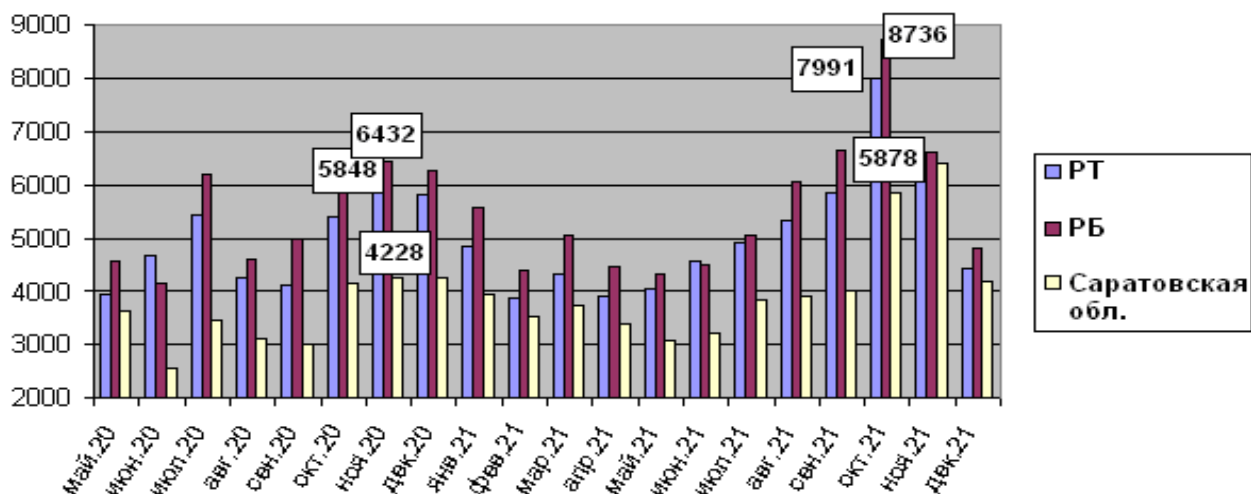


Рис. 1. Помесячная динамика числа умерших в Республике Татарстан, Республике Башкортостан и Саратовской области, человек

Fig. 1. Monthly dynamics of the number of deaths in the Republic of Tatarstan, the Republic of Bashkortostan and the Saratov region, people

Установлено, что во всех трех регионах динамика показателя числа умерших демонстрировала единообразие линии тренда и ускорение роста показателя в рассматриваемом временном отрезке.

В условиях сложной эпидемиологической обстановки в ПФО наблюдалось не только ускорение роста смертности, но и избыточная смертность, определяемая как увеличение числа умерших по сравнению со средним многолетним значением этого показателя за 2016-2019 годы. Помесячная динамика числа умерших по отдельным регионам ПФО приведена на рис. 2.

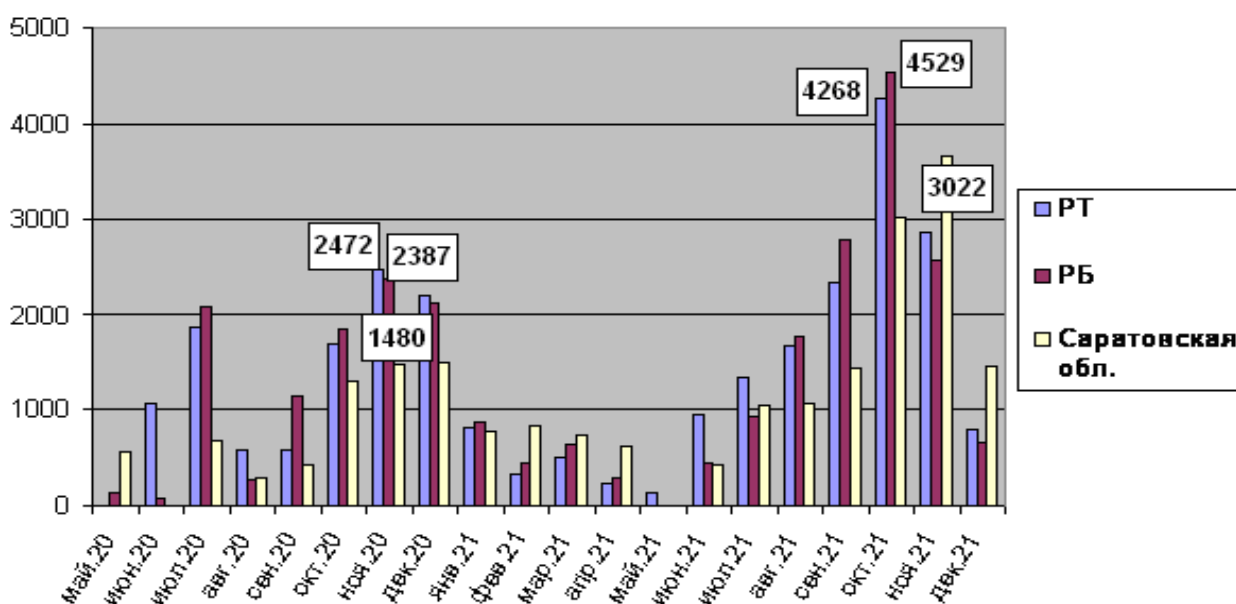


Рис. 2. Помесячная динамика числа умерших в Республике Татарстан, Республике Башкортостан и Саратовской области, человек

Fig. 2. Monthly dynamics of the number of deaths in the Republic of Tatarstan, the Republic of Bashkortostan and the Saratov region, people

В рамках анализа помесечной динамики числа умерших по сравнению со средними многолетними значениями умерших за 2016-2019 гг. в разрезе рассматриваемых регионов ПФО установлено, что показатели избыточной смертности достигали максимальных значений в периоды первой и второй волн роста заболеваемости новой коронавирусной инфекцией COVID-19 и носили сезонный характер (с октября по декабрь соответствующего года).

Заключение. Демографическая ситуация в ПФО и входящих в него регионах в течение рассматриваемого периода 2019-2021 гг. находилась под существенным воздействием взаимодополняющих друг друга демографического и эпидемиологического факторов, которые стали основной причиной снижения численности населения, ускорения роста смертности, в том числе избыточной. Полученные результаты согласуются с мнениями авторов публикаций, рассматривающих возрастающие потери населения в регионах ПФО в контексте влияния пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19, связывая с ней и избыточную смертность [8-10, 13, 18-21].

Требуется проведение дальнейших комплексных исследований, направленных на оценку как состоявшихся, так и будущих изменений демографической ситуации, оказавшейся под воздействием пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19, для определения основных направлений по решению накопившихся демографических проблем и мер по снижению смертности населения.

Список литературы:

1. Аскарлов Р.А., Аскарлова З. Ф., Бакиров Б.А., Франц М.В., Утяшева И.Б. Динамика медико-демографической ситуации в Республике Башкортостан в период 1990-2019 гг. Медицина труда и экология человека. 2021; 1:23-34
2. Козлова О.А., Багирова А.П., Корнилов Г. Е., Кулькова И.А., Берзин Б. Ю., Неклюдова Н.П. Глобальные вызовы демографическому развитию. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН; 2022.
3. Вишнеvский А.Г. Демографический кризис в России. Russie.Nei.Visions. Доступно по: https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/ifri_rnv41_demographia_vichnevski_rus_june_09.pdf (дата обращения: 15.12.2022)
4. Осипова Г.В., Рязанцева С.В., Левашова В.К., Ростовской Т.К. ред. Российское общество и государство в условиях пандемии: социально-политическое положение и демографическое развитие Российской Федерации в 2020 году: [Коллективная монография]. М.: ИТД «ПЕРСПЕКТИВА»; 2020.
5. Масыгутова Л.М., Ахметшина В.Т., Рафикова Л.А., Гизатуллина Л.Г., Власова Н.В., Иванова Р.Ш. и др. Результаты определения антител к SARS-CoV-2 среди жителей крупного промышленного региона в различные периоды эпидемии. Медицина труда и экология человека. 2021; (2):110-8. doi: 10.24411/2411-3794-2021-10210

6. Рыбаковский Л.Л., Кузина С.И., Понеделков А.В. Экспертное сообщество о демографической ситуации в современной России. *Власть*. 2021; 29(5): 171-6.
7. Семеко Г.В. Демографическое развитие в условиях пандемии COVID-19: вызовы для экономики. *Экономические и социальные проблемы России*. 2021; (3): 123-40.
8. Торкунов А.В., Рязанцев С.В., Левашов В.К. Пандемия COVID-19: Вызовы, последствия, противодействие. М.: Издательство «Аспект Пресс»; 2021.
9. Зубарев Н.Ю. Реализация приоритетов государственной политики в области снижения преждевременной смертности населения в субъектах Приволжского федерального округа. *Экономика труда*. 2020; 7(8): 743-62. doi: 10.18334/et.7.8.110739
10. Хакимова А.М., Шарафутдинова Н.Х., Мухамадеева О.Р., Еникеева Д.Р., Халфин Р.М., Павлова М.Ю., и др. Общие и специальные показатели смертности населения в Республике Башкортостан в период с 2018 по 2020 гг. *Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание]*. 2022; 68(3): 9. doi: 10.21045/2071-5021-2022-68-3-9. Доступно по: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/1379/30/lang,ru/> (дата обращения: 20.12.2022)
11. Шайхлисламова Э.Р., Валеева Э.Т., Шастин А.С., Малых О.Л., Газимова В.Г., Цепилова Т.М., и др. Заболеваемость населения трудоспособного возраста в Республике Башкортостан в 2015-2020 годах. *Медицина труда и экология человека*. 2022; 2:141-65.
12. Ибрагимов А.А., Ильдарханова Ч.И. Естественное воспроизводство российского населения в период пандемии коронавирусной инфекции: риски и последствия (на примере Республики Татарстан). *Регионология*. 2021; 3(116).
13. Пастухова Е.Я., Морозова Е.А. Избыточная смертность в сибирских регионах в условиях пандемии COVID-19: динамика и факторы влияния. *Регионология*. 2022; 30(3): 602-23. doi: <https://doi.org/10.15507/2413-1407.120.030.202203.602-623>
14. Приволжский федеральный округ: 2021 год – точка отсчета для новых трендов. Доступно по: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/270693625> (дата обращения: 20.12.2022)
15. Вишневский А.Г., Тимонин С.А. Смертность от COVID-19. Взгляд демографа на статистику причин смерти в России и мире. НИУ-ВШЭ. Научно-образовательный портал IQ. Доступно по: <https://iq.hse.ru/news/368516365.html?fbclid=IwAR3d2vrIsl08oRqgw1HoTGmNygIjQdDlIM1k6zpsAtjgydu5g7mJZ1jt8> (дата обращения: 20.12.2022)
16. Данилова И.А. Заболеваемость и смертность от COVID-19. Проблема сопоставимости данных. *Демографическое обозрение*. 2020; 7(1): 6-26. doi:10.17323/demreview.v7i1.10818
17. Румянцева Е.Е. Пандемия COVID-19 в контексте оперативной защиты здоровья и жизни населения. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2021; 65(2): 89-95. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-2-89-95>
18. Горошко Н.В., Пацала С.В. Избыточная смертность в период пандемии COVID-19: регионы России на фоне страны. *Социально-трудовые исследования*. 2022; 46(1): 103-16. doi: 10.34022/2658-3712-2022-46-1-103-116.
19. Исмагилов Р.Р., Билалов Ф.С., Шарафутдинов М.А., Гильманов А.Ж., Еникеева Д.Р., Сквирская Г.П. Анализ медико-социальных аспектов новой коронавирусной инфекции в Республике Башкортостан за 2020-2021 гг. *Социальные аспекты здоровья населения*.

- 2022; 68(4):3. Доступно по: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/1393/30/lang,ru/>.
<https://doi.org/10.21045/2071-5021-2022-68-4-3>
20. Злотников А.Г. Смертность в Беларуси в период пандемии COVID-19. ДЕМИС. Демографические исследования. DEMIS. Demographic Research. 2021; 2.
21. Islam N., Lewington S., Lacey B., White M., Shkolnikov V.M., Jdanov D.A., et al. Excess deaths associated with covid-19 pandemic in 2020: age and sex disaggregated time series analysis in 29 high income countries. *BMJ: British Medical Journal: International Edition*. 2021; 373: 1137.
22. Karlinsky A., Kobak D. Tracking excess mortality across countries during the COVID-19 pandemic with the World Mortality Dataset. Available at: https://elifesciences.org/articles/69336?fbclid=IwAR319IAEQ1-pk4Nd5heMQSm9_pOSWEqA3_lirNCAIhYFacA860ZYkdcE0eg. (дата обращения: 20.12.2022)
23. Mjaset C. On Having a National Strategy in a Time of Crisis: Covid-19 Lessons from Norway. *NEJM Catalyst*. 2020. <https://doi.org/10.1056/CAT.20.0120>
24. Woolf S.H., Schoemaker H. Life Expectancy and Mortality Rates in the United States, 1959-2017. *JAMA*. 2019 Nov 26; 322(20):1996-2016. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.16932>.

References:

1. Askarov R.A., Askarova Z. F., Bakirov B.A., Franz M.V., Utyasheva I.B. Dynamics of the medical and demographic situation in the Republic of Bashkortostan between 1990 and 2019. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2021; 1:23-34 (in Russian)
2. Kozlova O.A., Bagirova A.P., Kornilov G. E., Kul'kova I.A., Berzin B. Yu., Neklyudova N.P. Global challenges to demographic development. Yekaterinburg: Institut ekonomiki UrO RAN; 2022. (in Russian)
3. Vishnevskiy A.G. Demographic crisis in Russia. *Russie.Nei.Visions*. Available at: https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/ifri_rnv41-demographia_vichnevski_rus_june_09.pdf (accessed: 15.12.2022) (in Russian) Data and statistics. WHO Regional Office for Europe. Available at: <https://www.euro.who.int/ru/health-topics/disease-prevention/alcohol-use/data-andstatistics> (accessed: 15.12.2022) (in Russian)
4. Osipova G.V., Ryazantseva S.V., Levashova V.K., Rostovskoi T.K. ed. Russian society and the state in the conditions of a pandemic: socio-political situation and demographic development of the Russian Federation in 2020: [Collective monograph]. Moscow: ITD «PERSPEKTIVA»; 2020. (in Russian)
5. Masyagutova L.M., Akhmetshina V.T., Rafikova L.A., Gizatullina L.G., Vlasova N.V., Ivanova R.Sh., et al. Results of the identifying antibodies to SARS-CoV-2 among residents of a large industrial at different epidemic periods. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2021; (2):110-8. doi: 10.24411/2411-3794-2021-10210 (in Russian)
6. Rybakovsky L.L., Kuzina S.I., Ponedelkov A.V. Expert community opinion about the demographic situation in modern Russia. *Vlast*. 2021; 29(5): 171-6. (in Russian)
7. Semeko G.V. Demographic development in the context of the pandemic COVID-19: challenges for the economy. *Ekonomicheskie i sotsialnye problemy Rossii*. 2021; (3): 123-40. (in Russian)

8. Torkunov A.V., Rjazancev S.V., Levashov V.K. COVID-19 pandemic: Challenges, consequences, counteraction: [monograph]. Moscow: Izdatelstvo «Aspekt Press», 2021; 248. (in Russian)
9. Zubarev N.Yu. The implementation of the priorities of the state policy to reduce premature mortality in the subjects of the Volga Federal Okrug. *Ekonomika truda*. 2020; 7(8): 743-62. doi: 10.18334/et.7.8.110739 (in Russian)
10. Khakimova A.M., Sharafutdinova N.Kh., Mukhamadeeva O.R., Enikeeva D.R., Khalfin R.M., Pavlova M.Yu., et al. Crude and cause-special mortality rates in the Republic of Bashkortostan in the period between 2018 and 2020. *Sotsialnye aspekty zdorovya naseleniya*. 2022; 68(3): 9. doi: 10.21045/2071-5021-2022-68-3-9. Available at: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/1379/30/lang,ru/> (access: 20.12.2022) (in Russian)
11. Shaikhislamova E.R., Valeyeva E.T., Shastin A.S., Malykh O.L., Gazimova V.G., Tsepilova T.M., et al. Morbidity of the working-age population in the Republic of Bashkortostan between 2015 and 2020. *Medsina truda i ekologiya cheloveka*. 2022; 2:141-65. (in Russian)
12. Ibragimova A.A., Ildarkhanova Ch.I. Natural reproduction of the Russian population during the pandemic of coronavirus infection: risks and consequences (on the example of the Republic of Tatarstan). *Regionologiya*. 2021; 3(116). (in Russian)
13. Pastukhova E.Ya., Morozova E.A. Excess Mortality in the Siberian Regions in the Context of the COVID-19 Pandemic: Dynamics and Affecting Factors. *Regionology*. 2022; 30(3): 602-23. doi: 10.15507/2413-1407.120.030.202203.602-623 (in Russian)
14. Volga Federal Okrug: 2021 is the starting point for new trends. Available at: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/270693625> (access: 20.12.2022) (in Russian)
15. Vishnevskiy A.G., Timonin S.A. Mortality from COVID-19. Demographer's view on the statistics of causes of death in Russia and the world. Higher School of Economics. Scientific and educational portal IQ. Available at: <https://iq.hse.ru/news/368516365.html?fbclid=IwAR3d2vrlsl08o-Rqgw1HoTGmNygIkJqdIIM1k6zpSAAtjgydu5g7mJZ1jt8> (access: 20.12.2022) (in Russian)
16. Danilova I.A. Morbidity and mortality from COVID-19. The problem of data comparability. *Demograficheskoe obozrenie*. 2020; 7(1): 6-26. doi:10.17323/demreview.v7i1.10818 (in Russian)
17. Rumyantseva E.E. COVID-19 pandemic in the context of the health and the life operational protection. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*. 2021; 65(2): 89-95. (In Russ.). doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-2-89-95 (in Russian)
18. Goroshko N.V., Patsala S.V. Excess mortality during the COVID-19 pandemic: Russian regions against the backdrop of the country. *Sotsialno-trudovye issledovaniya*. 2022; 46(1): 103-16. doi: 10.34022/2658-3712-2022-46-1-103-116 (in Russian)
19. Ismagilov R.R., Bilalov F.S., Sharafutdinov M.A., Gilmanov A.Zh., Enikeeva D.R., Skvirskaya G.P. Analysis of medical and social aspects of the new coronavirus infection in the Republic of Bashkortostan between 2020 and 2021. *Sotsialnye aspekty zdorovya naseleniya*. 2022; 68(4):3. Available at: <http://vestnik.mednet.ru/content/view/1393/30/lang,ru/>. (accessed: 15.12.2022) <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2022-68-4-3> (in Russian)
20. Zlotnikov A.G. Mortality in Belarus during the COVID-19 pandemic. *DEMIS. Demographic Research*. 2021; 2. (in Russian)

21. Islam N., Lewington S., Lacey B., White M., Shkolnikov V.M., Jdanov D.A., et al. Excess deaths associated with covid-19 pandemic in 2020: age and sex disaggregated time series analysis in 29 high income countries. *BMJ: British Medical Journal: International Edition*. 2021; 373: 1137.
22. Karlinsky A., Kobak D. Tracking excess mortality across countries during the COVID-19 pandemic with the World Mortality Dataset. Available at: https://elifesciences.org/articles/69336?fbclid=IwAR319IAEQ1-pk4Nd5heMQSm9_pOSWEqA3_lirNCAIhYFacA860ZYkdcE0eg. (accessed: 20.12.2022)
23. Mjaset C. On Having a National Strategy in a Time of Crisis: Covid-19 Lessons from Norway. *NEJM Catalyst*. 2020. <https://doi.org/10.1056/CAT.20.0120>
24. Woolf S.H., Schoomaker H. Life Expectancy and Mortality Rates in the United States, 1959-2017. *JAMA*. 2019 Nov 26; 322(20):1996-2016. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.16932>.

Поступила/Received: 25.01.2023

Принята в печать/Accepted: 22.02.2022

УДК:575.113:611.611:547.391.1:57.084

**АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКСПРЕССИИ ГЕНА CASP7
В ПОЧКАХ КРЫС ПРИ ПОДОСТРОМ ВОЗДЕЙСТВИИ АКРИЛАМИДА
И НА ФОНЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ**

Репина Э.Ф.¹, Каримов Д.О.¹, Бакиров А.Б.¹, Гимадиева А.Р.², Валова Я.В.¹, Каримов Д.Д.¹,
Хуснутдинова Н.Ю.¹, Тимашева Г.В.¹

¹ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

²Уфимский Институт химии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

Цель исследований: проанализировать изменения экспрессии гена CASP7 в почках крыс при подостром воздействии акриламида и на фоне профилактической коррекции.

Объекты и методы исследования: на аутбредных крысах-самках изучено изменение экспрессии гена CASP7 в почках при подостром воздействии акриламида и на фоне профилактической коррекции комплексными соединениями оксиметилурацила с аскорбиновой кислотой, сукцинатом натрия и ацетилцистеином.

Основные результаты: при подостром воздействии акриламида экспрессия гена CASP7 снижается. Профилактическое введение комплексных соединений на основе оксиметилурацила значительно повышает экспрессию изучаемого гена.

Ключевые слова: акриламид, подострое воздействие, экспрессия, ген CASP7, почки, лабораторные животные, коррекция, эффективность.

Для цитирования: Репина Э.Ф., Каримов Д.О., Бакиров А.Б., Гимадиева А.Р., Валова Я.В., Каримов Д.Д., Хуснутдинова Н.Ю., Тимашева Г.В. Анализ изменения экспрессии гена CASP7 в почках крыс при подостром воздействии акриламида и на фоне профилактической коррекции. Медицина труда и экология человека. 2023;1:130-138.

Для корреспонденции: Репина Эльвира Фаридовна, старший научный сотрудник отдела токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», к. м. н., e-mail: e.f.repina@bk.ru.

Финансирование. Работа проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровью и повышения качества жизни населения России» на 2021-2025 гг. п. 6.1.8, № гос. регистрации 121062100058-8. Синтез комплексных соединений 5-гидрокси-6-метилурацила с аскорбиновой кислотой, сукцинатом натрия и ацетилцистеином выполнен в соответствии с планом научно-исследовательских работ УфИХ УФИЦ РАН (№ Гос. регистрации АААА-А19-119011790021-4).

Конфликт интересов: авторы подтверждают, что не существует известных конфликтов интересов, связанных с этой публикацией.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10110>

ANALYSIS OF CHANGES IN CASP7 GENE EXPRESSION IN RAT KIDNEYS UNDER SUBACUTE ACRYLAMIDE EXPOSURE AND ON THE BACKGROUND OF PREVENTIVE CORRECTION

Repina E.F.¹, Karimov D.O.¹, Bakirov A.B.¹, Gimadieva A.R.², Valova Y.V.¹, Karimov D.D.¹, Khusnutdinova N.Yu.¹, Timasheva G.V.¹

¹Ufa Scientific Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

²Ufa Institute of Chemistry, Ural Federal Research Center, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

The purpose of the study: to analyze changes in the expression of the CASP7 gene in the kidneys of rats under subacute exposure to acrylamide and against the background of preventive correction.

Objects and methods of the study: changes in the expression of the CASP7 gene in the kidneys of outbred rats were studied under subacute exposure to acrylamide and against the background of prophylactic correction with complex compounds of oxymethyluracil with ascorbic acid, sodium succinate, and acetylcysteine.

Main results: Under subacute acrylamide exposure, CASP7 gene expression is reduced. Prophylactic administration of complex compounds based on oxymethyluracil significantly increases the expression of the studied gene.

Keywords: acrylamide, subacute exposure, expression, CASP7 gene, kidney, laboratory animals, correction, efficacy.

Citation: Repina E.F., Karimov D.O., Bakirov A.B., Gimadieva A.R., Valova Y.V., Karimov D.D., Khusnutdinova N.Yu., Timasheva G.V. Analysis of changes in CASP7 gene expression in rat kidneys under subacute acrylamide exposure and on the background of preventive correction. *Occupational health and human ecology*. 2023;1:130-138.

Correspondence: Elvira F. Repina, Senior Researcher, Department of Toxicology and Genetics with Experimental Clinic for Laboratory Animals, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ph.D.(Med.), e-mail: e.f.repina@bk.ru.

Financing. The work was carried out at the expense of a subsidy for the fulfillment of the state task within the framework of the industry research program of Rospotrebnadzor "Scientific substantiation of the national system for ensuring sanitary and epidemiological well-being, managing health risks and improving the quality of life of the population of Russia" for 2021-2025. point 6.1.8, State registration N 121062100058-8.

The synthesis of complex compounds of 5-hydroxy-6-methyluracil with ascorbic acid, sodium succinate, and acetylcysteine was carried out in accordance with the research plan of the Ufa Institute of Chemistry of the Ural Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (State registration N AAAA-A19-119011790021-4).

Conflicts of Interest: The authors confirm that there are no known conflicts of interest associated with this publication.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10110>

Акриламид широко используется в промышленности при производстве полиакриламидов, он образуется также в продуктах питания при высокотемпературном нагревании [1, 2]. Образование акриламида в пище под действием высоких температур происходит в результате взаимодействия глутамина или аспарагина с глюкозой [3].

Внимание ученых акриламид привлек после массового заболевания рабочих после аварии при строительстве высокоскоростных железных дорог в Швеции в 1997 г. У работников, имевших контакт с акриламидсодержащим герметиком, через полтора года значительно ухудшилось состояние нервной системы. Проведенные исследования установили корреляционную зависимость между уровнем воздействия токсиканта и патологическими изменениями в нервной системе [4].

Метаболизм акриламида происходит с участием цитохрома *CYP2E1*, фермента, в результате которого образуется высокореактивный глицидамид [5]. Акриламид может быть также конъюгирован с глутатионом, при участии фермента *глутатион-S-трансферазы* метаболит затем выводится с мочой в виде меркаптуровой кислоты. Незначительное количество метаболита также может содержаться в выдыхаемом воздухе и кале [6]. Глицидамид реагирует с молекулами ДНК, образуя аддукты пуриновых оснований. И глицидамид, и акриламид ковалентно связываются с аминокислотой валином в составе многих белков и образуют аддукты, которые могут быть использованы в качестве маркеров воздействия акриламида [4, 7]. Основной точкой приложения акриламида в организме является нервная система. На модели первичных астроцитов была показана нейротоксичность акриламида, зависящая от дозы воздействия. Развивался окислительный стресс в результате уменьшения уровня глутатиона и увеличения активных форм кислорода [8]. Хороший антитоксический эффект проявляет витамин С, обладающий антиоксидантными свойствами [9].

Имеются многочисленные данные о влиянии акриламида на репродуктивную систему [10, 11, 12, 13, 14, 15].

Участие фермента *CYP2E1*, ответственного за метаболизм акриламида, в мутагенезе половых клеток изучалось в исследованиях с использованием нокаутных по *CYP2E1* крыс-самцов. Показано, что полиморфизм фермента *CYP2E1* может приводить к различной степени чувствительности к токсичности акриламида [16].

В результате повреждения клеток в них могут запускаться процессы апоптоза. Апоптоз представляет собой избирательный процесс для удаления клеток в биологических системах и играет существенную роль в разработке и техническом обслуживании в многоклеточных организмах и считается, что неадекватная регуляция апоптоза является причиной многих заболеваний человека, в том числе и рака. Апоптоз осуществляется за счет каскада реакций сигнальных белков и цистеиновых протеаз, одними из которых являются каспазы (*CASP*s) [20].

При различных интоксикациях оксиметилурацил и его производные действуют бинарно: с одной стороны – они подавляют свободнорадикальные процессы; с другой – защищают биологические мембраны от повреждения [17]. Однако на процессы энергообразования в клетке они практически не влияют. В то же время известно, что в

организме под воздействием химических веществ практически всегда развиваются явления гипоксии. Поэтому лучший протекторный эффект наблюдается при комплексном применении производных оксиметилурацила с антигипоксантами [18]. Проведенными исследованиями было также установлено, что при воздействии летальных доз многих токсикантов оксиметилурацил эффективен только в комплексе с антидотными средствами (ацетилцистеин, α -токоферол и др.) [19].

Цель исследований: проанализировать изменения экспрессии гена *CASP7* в почках крыс при воздействии акриламида в условиях подострого эксперимента и оценить возможность их профилактической коррекции.

Материал и методы исследования. В эксперименте использовали белых аутбредных крыс самок с весом 190-192 г. Животные получали готовый корм «Дельта Фидс» компании «БиоПро» (Россия) и воду в свободном доступе. Экспериментальных животных разделили на группы и содержали в клетках по 6 особей при температуре воздуха $21 \pm 1^\circ\text{C}$. Первая группа (К-) служила отрицательным контролем; вторая (К+) – положительным (вводился только акриламид); третьей группе (МГ-1) проводилась профилактическая коррекция комплексным соединением оксиметилурацила (5-гидрокси-6-метилурацил) с аскорбиновой кислотой в дозе 50 мг/кг массы тела за 1 час до введения акриламида; четвертой группе животных (МГ-2) по аналогичной схеме и в то же дозе осуществлялась профилактическая коррекция комплексным соединением оксиметилурацила (5-гидрокси-6-метилурацил) с сукцинатом натрия; пятой группе (МГ-10) также за час до токсиканта вводили комплексное соединение оксиметилурацила (5-гидрокси-6-метилурацил) с ацетилцистеином из расчета 500 мг на 1 кг массы тела крыс. Дозы комплексных соединений были определены по результатам ранее проведенных исследований как наиболее эффективные [21, 22, 23].

В качестве контрольного вещества (в группе отрицательного контроля) и носителя для токсиканта использовали дистиллированную воду. Подопытным крысам вводили 0,2 % водный раствор акриламида в дозе 20 мг на кг массы тела ($\approx 1/10$ от ДЛ_{50}). Условия проведения и вывода животных из эксперимента через 28 дней осуществляли с соблюдением установленных требований.

Для анализа экспрессии генов кусочки почек сразу после декапитации и вскрытия замораживали в жидком азоте и заливали реагентом Extract RNA (ЗАО «Евроген») для дальнейшего выделения РНК. Выделение тотальной (суммарной) РНК проводили согласно требованиям протокола. Синтез кДНК выполняли с матрицы выделенной тотальной РНК с использованием набора реактивов MMLV RT kit и праймеров олиго(dT)15 («Евроген», Россия). Изучение экспрессии генов в норме и при интоксикации акриламидом проводилось методом ПЦР в режиме реального времени на амплификаторе Rotor-Gene Q (Qiagen, Германия) с использованием олигонуклеотидных специфичных праймеров и интеркалирующего красителя SYBR Green. Уровень экспрессии мРНК стандартизировали относительно экспрессии гена GAPDH – ген белка «домашнего хозяйства». Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью Н-критерия Краскела–Уоллиса для попарного сравнения групп. Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Результаты выражали в виде $Me [Q1;Q3]$, где Me – медиана, $Q1$ – 1-й квартиль, $Q3$ – 3-й квартиль.

Результаты. Анализ полученных данных по экспрессии гена *CASP7* в почках экспериментальных животных показал, что различия между группами статистически значимые ($K = 10,96$; $p = 0,027$).

Результаты исследований представлены на рисунке.

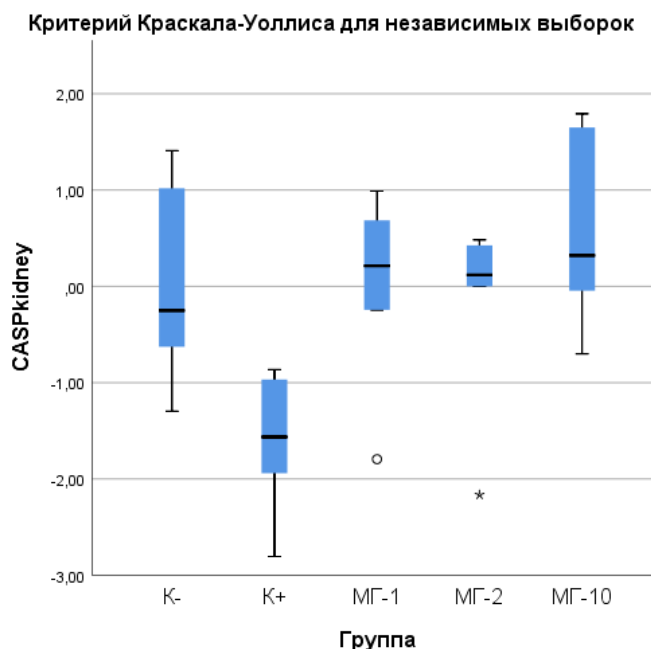


Рис. Изменение экспрессии гена *CASP7* в почках крыс-самок по экспериментальным группам

Fig. Changes in the expression of the *CASP7* gene in the kidneys of female rats by experimental groups

Из представленных данных видно, что под воздействием акриламида изучаемый показатель значительно снизился и составил $-1,56$ $[-2,16; -0,94]$ по сравнению с таковым в группе отрицательного контроля $-0,25$ $[-0,8; 1,12]$. Профилактическое введение комплексных соединений увеличило экспрессию данного гена и составило для группы МГ-1: $0,21$ $[-0,63; 0,76]$; МГ-2: $0,12$ $[-0,54; 0,44]$; МГ-10: $0,32$ $[-0,21; 1,68]$. Статистически значимыми оказались только различия между группой животных положительного контроля и группой, получавшей в профилактическом режиме МГ-10 ($p = 0,021$).

Обсуждение. Апоптоз представляет собой избирательный процесс для удаления клеток в биологических системах и играет существенную роль в разработке и техническом обслуживании в многоклеточных организмах. Считается, что неадекватная регуляция апоптоза является причиной многих заболеваний человека, в том числе и рака.

Апоптоз осуществляется за счет цистеиновых протеаз, называемых каспазами (CASP). Каспазы синтезируются в виде проформы и активируются расщеплением. Инициатор каспазы интегрируют молекулярные сигналы и активируют нижестоящие эффекторные каспазы. Поскольку каспазы расщепляются и активируют друг друга, каскад протеаз усиливается, обеспечивая надлежащую апоптотическую гибель клеток [20]. Кроме того, известно, что воздействие на организм акриламида вызывает окислительный стресс, при котором накопление большого количества активных форм кислорода и повреждение ДНК может приводить к активации апоптотических механизмов гибели клеток [8]. Полученные

результаты свидетельствуют, что при подостром воздействии акриламида экспрессия гена *CASP7* снизилась, хотя из данных литературы она должна была бы повыситься, возможно, это объясняется тем, что экспрессия данного гена была повышена в более ранние сроки, а по истечении 28 дней она компенсаторно понизилась, так как регуляция экспрессии подобных генов обычно осуществляется по принципу обратной связи и в ответ на большое количество апоптотических клеток в предыдущем периоде она снижается. В остальных группах, возможно, процессы апоптоза были не столь активны, поэтому колебания в экспрессии данного гена были незначительны. Профилактическое введение комплексных соединений на основе оксиметилурацила повысило экспрессию изучаемого гена до уровня группы отрицательного контроля и выше. Для окончательного суждения об экспрессии гена *CASP7* при воздействии акриламида необходимо продолжение исследований на других экспериментальных сроках.

Заключение. При подостром воздействии акриламида экспрессия гена *CASP7* снижается. Профилактическое введение комплексных соединений на основе оксиметилурацила значительно повышает экспрессию изучаемого гена.

Список литературы:

1. Tareke E., Rydberg P., Karlsson P. et al. Acrylamide: a cooking carcinogen? Chemical research in toxicology. 2000; 13(6):517-522.
2. Tareke E., Rydberg P., Karlsson P. et al. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. Journal of agricultural and food chemistry. 2002; 50(17):4998-5006.
3. Mottram D.S., Wedzicha B.L., Dodson A.T. Food chemistry: acrylamide is formed in the Maillard reaction. Nature. 2002; 419(6906):448.
4. Hagmar L., Tornqvist M., Nordander C. et al. Health effects of occupational exposure to acrylamide using hemoglobin adducts as biomarkers of internal dose. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health. 2001; 4: 219-226.
5. Kadry A.M., Friedman M.A., M.S. Abdel-Rahman. Pharmacokinetics of acrylamide after oral administration in male rats. Environmental Toxicology and Pharmacology. 1999; 7(2):127-133.
6. Fennell T.R., Friedman M.A. Comparison of acrylamide metabolism in humans and rodents. Advances in Experimental Medicine and Biology. 2005; 561:109-116.
7. FAO/WHO. Joint FAO/WHO expert committee on food additives. WHO Press. 2005.
8. Zhao M., Lewis Wang F.S., Hu X. et al. Acrylamide-induced neurotoxicity in primary astrocytes and microglia: Roles of the Nrf2-ARE and NF- κ B pathways. Food and Chemical Toxicology. 2017; 106:25-35.
9. Dortaj H., Yadegari M., Hosseini Sharif Abad M. et al. Stereological method for assessing the effect of vitamin C administration on the reduction of acrylamide-induced neurotoxicity. Basic and Clinical Neuroscience. 2018; 9(1):27-34.
10. Hufas-Stasiak M., Dobrowolski P., Tomaszewska E. et al. Maternal acrylamide treatment reduces ovarian follicle number in newborn guinea pig offspring. Reproductive Toxicology. 2013; 42:125-131.
11. Wei Q., Li J., Li X. et al. Reproductive toxicity in acrylamidetreated female mice.

- Reproductive Toxicology. 2014; 46:121–128.
12. Duan X., Wang Q.-C., Chen K.-L. et al. Acrylamide toxic effects on mouse oocyte quality and fertility in vivo. *Scientific Reports*. 2015; 5:11562.
 13. Aras D., Cakar Z., Ozkavukcu S. et al. In Vivo acrylamide exposure may cause severe toxicity to mouse oocytes through its metabolite glycidamide. *PLoS One*. 2017; 12(2):2017-2026.
 14. Yilmaz B, Yildizbayrak N., Aydin Y. et al. Evidence of acrylamide- and glycidamide-induced oxidative stress and apoptosis in Leydig and Sertoli cells. *Human & Experimental Toxicology*. 2017; 36(12):1225-1235.
 15. Li M., Sun J., Zou F. et al. Glycidamide inhibits progesterone production through reactive oxygen species-induced apoptosis in R2C Rat Leydig Cells. *Food and Chemical Toxicology*. 2017; 108:563–570.
 16. Ghanayem B.I., Witt K.L., El-Hadri L. et al. Comparison of germ cell mutagenicity in male CYP2E1-null and wild-type mice treated with acrylamide: Evidence supporting a glycidamide-mediated effect. *Biology of Reproduction*. 2005; (72) 1:157-163.
 17. Мышкин В.А., Бакиров А.Б., Репина Э.Ф. и др. Применение производных 6-метилурацила для повышения устойчивости организма в экстремальных условиях. Современная эколого-антропологическая методология изучения и решения проблем здоровья населения. Материалы международной межотраслевой конференции, посвященной 25-летию Чернобыльской катастрофы. Казань, 2011:192-196.
 18. Мышкин В.А., Бакиров А.Б., Гимадиева А.Р. и др. Фармакологические подходы к разработке новой медицинской технологии повышения устойчивости к гипоксии. Гигиенические и медико-профилактические технологии управления рисками здоровью населения в промышленно развитых регионах. Материалы научной - практической конференции с международным участием. Пермь, 2010:525-528.
 19. Мышкин В.А., Бакиров А.Б., Репина Э.Ф. Гепатопротекция с использованием оксиметилурацила. Профессиональные и экологические риски в медицине труда и экологии человека. Пути решения проблемы от теории к практике: материалы XVIII научно-практической конференции с международным участием «Гигиена, организация здраво-охранения и профпатология» и семинара «Актуальные вопросы современной профпатологии». Новокузнецк, 2013:67.
 20. Chae YS, Kim JG, Sohn SK, Lee SJ, Kang BW, Moon JH et al. / RIPK1 and CASP7 polymorphism as prognostic markers for survival in patients with colorectal cancer after complete resection. *J Cancer Res Clin Oncol*. 2011; 137(4):705-13.
 21. Комплексное соединение 5-гидрокси-6-метилурацила с сукцинатом натрия и способ его получения. Патент РФ. № 2475482. 2013.
 22. Комплексное соединение 5-гидрокси-6-метилурацила с аскорбиновой кислотой, проявляющее антигипоксическую активность, и способ его получения. Патент РФ. № 2612517. 2017.
 23. Комплексное соединение 5-гидрокси-6-метилурацила с N-ацетилцистеином, проявляющее антигипоксическую активность, и способ его получения. Патент РФ. № 2 751632. 2021.

References:

1. Tareke E., Rydberg P., Karlsson P. et al. Acrylamide: a cooking carcinogen? Chemical research in toxicology. 2000; 13(6):517-522.
2. Tareke E., Rydberg P., Karlsson P. et al. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. Journal of agricultural and food chemistry. 2002; 50(17):4998-5006.
3. Mottram D.S., Wedzicha B.L., Dodson A.T. Food chemistry: acrylamide is formed in the Maillard reaction. Nature. 2002; 419(6906):448.
4. Hagmar L., Tornqvist M., Nordander C. et al. Health effects of occupational exposure to acrylamide using hemoglobin adducts as biomarkers of internal dose. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health. 2001; 4: 219-226.
5. Kadry A.M., Friedman M.A., M.S. Abdel-Rahman. Pharmacokinetics of acrylamide after oral administration in male rats. Environmental Toxicology and Pharmacology. 1999; 7(2):127-133.
6. Fennell T.R., Friedman M.A. Comparison of acrylamide metabolism in humans and rodents. Advances in Experimental Medicine and Biology. 2005; 561:109-116.
7. FAO/WHO. Joint FAO/WHO expert committee on food additives. WHO Press. 2005.
8. Zhao M., Lewis Wang F.S., Hu X. et al. Acrylamide-induced neurotoxicity in primary astrocytes and microglia: Roles of the Nrf2-ARE and NF- κ B pathways. Food and Chemical Toxicology. 2017; 106:25-35.
9. Dortaj H., Yadegari M., Hosseini Sharif Abad M. et al. Stereological method for assessing the effect of vitamin C administration on the reduction of acrylamide-induced neurotoxicity. Basic and Clinical Neuroscience. 2018; 9(1):27-34.
10. Hufas-Stasiak M., Dobrowolski P., Tomaszewska E. et al. Maternal acrylamide treatment reduces ovarian follicle number in newborn guinea pig offspring. Reproductive Toxicology. 2013; 42:125-131.
11. Wei Q., Li J., Li X. et al. Reproductive toxicity in acrylamidetreated female micero. Reproductive Toxicology. 2014; 46:121-128.
12. Duan X., Wang Q.-C., Chen K.-L. et al. Acrylamide toxic effects on mouse oocyte quality and fertility in vivo. Scientific Reports. 2015; 5:11562.
13. Aras D., Cakar Z., Ozkavukcu S. et al. In Vivo acrylamide exposure may cause severe toxicity to mouse oocytes through its metabolite glycidamide. PLoS One. 2017; 12(2):2017-2026.
14. Yilmaz B, Yildizbayrak N., Aydin Y. et al. Evidence of acrylamide- and glycidamide-induced oxidative stress and apoptosis in Leydig and Sertoli cells. Human & Experimental Toxicology. 2017; 36(12):1225-1235.
15. Li M., Sun J., Zou F. et al. Glycidamide inhibits progesterone production through reactive oxygen species-induced apoptosis in R2C Rat Leydig Cells. Food and Chemical Toxicology. 2017; 108:563-570.
16. Ghanayem B.I., Witt K.L., El-Hadri L. et al. Comparison of germ cell mutagenicity in male CYP2E1-null and wild-type mice treated with acrylamide: Evidence supporting a glycidamide-mediated effect. Biology of Reproduction. 2005; (72) 1:157-163.
17. Myshkin V.A., Bakirov A.B., Repina E.F. et al. The use of 6-methyluracil derivatives to improve the body's resistance to extreme conditions. Modern ecological and anthropological methodology for studying and solving problems of public health. Proceedings of the inter-nar.

- inter-branch conf., dedicated to the 25th anniversary of the Chernobyl disaster. Kazan, 2011:192-196.
18. Myshkin V.A., Bakirov A.B., Gimadieva A.R. Pharmacological approaches to the development of a new medical technology for increasing resistance to hypoxia. Hygienic and medical-preventive technologies for managing public health risks in industrialized regions. Proceedings of the scientific-pr. conf. with international participation. – Perm, 2010:525-528.
 19. Myshkin V.A., Bakirov A.B., Repina E.F. Hepatoprotection using oxymethyluracil. Occupational and environmental risks in occupational medicine and human ecology. Ways to solve the problem from theory to practice: materials of the XVIII scientific-practical conference with international participation "Hygiene, organization of health care and occupational pathology" and the seminar "Actual issues of modern occupational pathology". Novokuznetsk, 2013:67.
 20. Chae YS, Kim JG, Sohn SK, Lee SJ, Kang BW, Moon JH et al. / RIPK1 and CASP7 polymorphism as prognostic markers for survival in patients with colorectal cancer after complete resection. J Cancer Res Clin Oncol. 2011; 137(4):705-13.
 21. Complex compound of 5-hydroxy-6-methyluracil with sodium succinate and method for its preparation. RF patent. No. 2475482. 2013.
 22. A complex compound of 5-hydroxy-6-methyluracil with ascorbic acid, exhibiting antihypoxic activity, and a method for its preparation. RF patent. No. 2612517. 2017.
 23. A complex compound of 5-hydroxy-6-methyluracil with N-acetylcysteine, exhibiting antihypoxic activity, and a method for its preparation. RF patent. No. 2 751632. 2021.

Поступила/Received: 14.09.2022

Принята в печать/Accepted: 28.11.2022

УДК 57.033; 574.24; 614.875

СОСТОЯНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРООКСИДАНТНОЙ И АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМ В КРОВИ КРЫС В ПРОЦЕССЕ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ МНОГОЧАСТОТНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ОТ СИСТЕМ СОТОВОЙ СВЯЗИ СТАНДАРТОВ GSM, UMTS И LTE

Перов С.Ю., Белая О.В., Кислякова А.А., Левченков Д.И.

ФГБНУ «НИИ медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», Москва, Россия

С развитием технологий сотовой связи все большее внимание уделяется оценке неблагоприятного влияния электромагнитных полей как антропогенного фактора окружающей среды, в частности связанного с процессами образования активных форм кислорода и окислительным стрессом в организме.

Цель исследования - оценка влияния хронического электромагнитного облучения, имитирующего многочастотное воздействие от систем сотовой связи стандартов GSM, UMTS и LTE на состояние отдельных показателей прооксидантного и антиоксидантного баланса в крови крыс.

Материалы и методы. Самцов крыс массой 180-200 г облучали круглосуточно в течение 4 месяцев электромагнитным полем на частотах 1800 МГц, 2100 МГц и 2600 МГц с суммарным уровнем плотности потока энергии ППЭ 250 мкВт/см² (GSM-20%; UMTS-20%; LTE-60%). Забор проб периферической крови проводили после декапитации животных в конце каждого месяца экспозиции в одно и то же время у опытных и контрольных групп животных. В сыворотке крови оценивали содержание кетодиенов и активность каталазы.

Результаты. Обнаружены изменения показателей оксидантной (кетодиены, $p < 0,01$) и антиоксидантной (каталаза) активности в сыворотке крови крыс в условиях длительного многочастотного облучения электромагнитным полем базовых станций сотовой связи, которые имели разнонаправленный характер, отличались в зависимости от срока экспозиции и могли характеризоваться состоянием окислительного стресса. Обнаруженный эффект свидетельствует о нарушении баланса про- и антиоксидантной систем организма в различные сроки хронического воздействия и требует дополнительных исследований с целью определения возможных последствий.

Ключевые слова: электромагнитное поле, многочастотная экспозиция, базовая станция сотовой связи, хроническое облучение, перекисное окисление липидов, прооксидантная активность, антиоксидантная система, кровь.

Для цитирования: Перов С.Ю., Белая О.В., Кислякова А.А., Левченков Д.И. Состояние показателей прооксидантной и антиоксидантной систем в крови крыс в процессе хронического облучения многочастотным электромагнитным полем от систем сотовой связи стандартов GSM, UMTS и LTE. Медицина труда и экология человека. 2023;1:139-150.

Для корреспонденции: Перов Сергей Юрьевич, д.б.н., ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», заведующий лабораторией электромагнитных полей, e-mail: perov@irioh.ru.

Финансирование: исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10111>

PROOXIDANT AND ANTIOXIDANT STATUS IN RAT BLOOD UNDER CHRONIC MULTIFREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD EXPOSURE OF GSM, UMTS AND LTE MOBILE SYSTEMS

Perov S. Yu., Belaya O. V., Kisljakova A.A., Levchenkov D. I.

Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, Russia

Introduction. Due to mobile telecommunications development the increasing attention is placed on adverse effects from electromagnetic fields as an anthropogenic environmental factor, which associated in particular with active oxygen species formation and oxidative stress.

The aim of the study was to assess the effect of chronic electromagnetic exposure, simulated multi-frequency exposure from GSM, UMTS and LTE mobile systems, on the state of partial parameters of the pro-oxidant and antioxidant balance in the rat blood.

Materials and methods. Male rats weighing 180-200 g were exposed to electromagnetic field of 1800 MHz, 2100 MHz and 2600 MHz with a total power density level at 250 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (GSM-20%; UMTS-20%; LTE-60%) for 4 months around the clock. Peripheral blood sampling was carried out after decapitation of animals at the end of each exposure month at the same time in the experimental and sham-exposed groups. Serum levels of ketodienes and catalase activity were assessed.

Results. Changes of oxidant (ketodienes, $p < 0.01$) and antioxidant (catalase) activity in the blood serum of rats long-term exposed to multi-frequency mobile base station electromagnetic field had a multidirectional response, differed depending on the exposure time and could be characterized by an oxidative stress. The observed effect indicates the pro- and antioxidant systems imbalance at various times of chronic exposure and requires additional studies to determine the possible consequences.

Keywords: electromagnetic field, multifrequency exposure, mobile base station, chronic exposure, lipid peroxidation, pro-oxidant activity, antioxidant system, blood.

Citation: Perov S. Yu., Belaya O. V., Kisljakova A.A., Levchenkov D. I. Prooxidant and antioxidant status in rat blood under chronic multifrequency electromagnetic field exposure of GSM, UMTS and LTE mobile systems. *Occupational health and human ecology*. 2023;1:139-150.

Correspondence: Sergey Yu. Perov, Doctor of Biology, FSBSI "Izmerov Research Institute of Occupational Health", Head of Electromagnetic field laboratory, e-mail: perov@irioh.ru.

Financing: the study had no financial support.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2023-10111>

Введение. Электромагнитное излучение в окружающей среде – экологический фактор, в формирование которого наиболее весомый вклад в настоящее время вносят различные системы телекоммуникаций, в основном сотовой связи [1, 2]. По данным Ассоциации GSMA [3], к концу 2021 года число уникальных пользователей мобильной связи в мире составило 5,3 млрд человек, а к 2025 году ожидается увеличение этого показателя на 400 млн новых абонентов. По мере развития и внедрения беспроводных технологий, помимо неуклонного роста общего количества систем сотовой связи в среде обитания человека, можно отметить крайнюю неоднородность распределения используемых стандартов и поколений в различных регионах. Так, в настоящее время наиболее распространенными являются системы поколения 4G и 3G, на которые в странах СНГ приходится 49% и 34% сетей сотовой связи, а в странах Европы – 75% и 15% соответственно. Однако по прогнозам в 2025 году их соотношение изменится и составит 70% и 17% для СНГ, 51% и 5% – для Европы [3]. Подобные изменения структуры распределения сетей различных стандартов являются закономерными при технологическом развитии отрасли радиосвязи и, в свою очередь, отражаются на формировании электромагнитной обстановки на соответствующей территории, в особенности на амплитудно-частотных характеристиках электромагнитных полей (ЭМП) [4].

В недалеком прошлом основное внимание было обращено на экологическую опасность ионизирующей радиации, в сравнительно меньшей степени – на возможное неблагоприятное влияние электромагнитных излучений, являющихся неионизирующими по своей природе и отличающихся физическим механизмом действия на биологические системы [5]. Однако подобное отношение к неионизирующему фактору изменилось вследствие данных многочисленных экспериментальных и теоретических исследований биологических эффектов воздействия ЭМП, причем в особенности антропогенного происхождения. Опрос, проведенный среди 300 специалистов в области медико-биологических проблем электромагнитных излучений, выявил наиболее важные отправные точки в возможном отрицательном действии на окружающую среду и, как следствие, на здоровье человека – окислительный стресс, когнитивные нарушения, неблагоприятные исходы беременности и развитие онкологических заболеваний [6].

Окислительно-восстановительные реакции лежат в основе многих метаболических процессов в организме, среди которых особую роль играют свободнорадикальные реакции, инициирующие образование перекисных соединений в тканях и органах [7]. Окислительный стресс представляет собой нарушение баланса между прооксидантной и антиоксидантной системами, что приводит к окислительному повреждению белков, аминокислот и, особенно, липидов, которое тесно связано с повышением уровня активных форм кислорода [8]. В последнее время повысился интерес к окислительному стрессу, поскольку электромагнитные излучения стали рассматриваться как фактор, связанный с образованием активных форм кислорода и способный нарушить равновесие между активностью прооксидантной и антиоксидантной систем в организме [9, 10]. В соответствии с этим изучение процессов липидной перекисидации позволяет оценить уровень окислительного

стресса, степень его повреждающего действия и влияния на состояние организма в целом. В качестве показателей прооксидантной активности используются уровни первичных (диеновые конъюгаты) и вторичных (кетодиены) продуктов перекисидации липидов. Диеновые конъюгаты как первичные продукты окисления липидов отличаются нестойкостью, в то время как кетодиены являются более информативными показателями, поскольку способны накапливаться и оказывать влияние на функциональную активность клеток, нарушать стабильность мембран и способствовать деструкции клеток [11]. Система антиоксидантной защиты противостоит избыточной интенсивности окислительных процессов и оценивается по активности антиоксидантных ферментов, таких как каталаза, которые способны тормозить или снижать уровень свободнорадикального окисления.

Представленные выше данные анализа литературных источников позволяют сформулировать **цель** исследований, которая заключалась в оценке влияния хронического электромагнитного облучения, имитирующего многочастотное воздействие от систем сотовой связи стандартов GSM, UMTS и LTE на состояние отдельных показателей прооксидантного и антиоксидантного баланса в крови крыс.

Материалы и методы. Объектами исследований являлись 96 белых крыс-самцов линии Wistar с массой на начало эксперимента 180-200 г. Все манипуляции с животными проводились в соответствии с международными требованиями к проведению работ с экспериментальными животными на основе принципов гуманности, которые изложены в директивах Европейского сообщества (86/609/ECC), Хельсинкской декларации и одобрены локальным этическим комитетом ФГБНУ «НИИ МТ». Животные содержались в стандартных условиях вивария в контролируемых условиях окружающей среды (18-20°C, относительная влажность воздуха 30-70%). Световой комбинированный (естественный/искусственный) режим составлял 12 часов в сутки, крысы в течение всего эксперимента имели доступ к воде и корму *ad libitum*. Все животные были случайным образом разделены поровну, где каждая половина была дополнительно подразделена на 4 группы по 12 особей в каждой. В процессе экспозиции радиопрозрачные клетки с крысами (по 6 в каждой) размещались на деревянных стеллажах в зоне облучения на расстоянии 3 метров от антенн источников ЭМП.

В лабораторном стенде в процессе облучения животных создавалась имитация режимов работы базовых станций сотовой связи действующих стандартов – GSM (2G), UMTS (3G) и LTE FDD (4G) с центральными частотами 1800 МГц, 2100 МГц и 2600 МГц. Все экспериментальные группы находились в одинаковых условиях облучения ЭМП с суммарным уровнем плотности потока энергии (ППЭ) 250 мкВт/см² (GSM-20%; UMTS-20%; LTE-60%). Параллельный контроль находился в отдельном помещении в идентичных условиях, но без воздействия ЭМП. Контроль величин ППЭ в зоне облучения животных ЭМП проводился с помощью измерителей Narda NBM-550 (Narda AG, Германия) и Narda SRM-3006 (Narda AG, Германия).

Облучение проводилось круглосуточно в течение 4 месяцев и по окончании каждого месяца экспозиции осуществлялся забор проб периферической крови животных опытной и контрольной групп путем декапитации. Содержание кетодиенов в сыворотке крови определяли спектрофлуориметрическим методом по коэффициентам экстинкции (εM, мл-

1хсм-1) в максимумах поглощения против холостой пробы 233 нм ($\epsilon_M = 23200$), в гексановом экстракте по отношению к контрольному образцу на спектрофотометре Cary-50 (Varian, США) [12]. Активность каталазы оценивали с помощью метода, основанного на способности перекиси водорода образовывать с солями молибдена стойкий окрашенный комплекс [13].

Статистическая обработка данных проводилась в среде R version 4.1.2 с применением теста Шапиро-Уилка, критерия Краскела-Уоллиса и критерия Манна-Уитни. Оценка воздействия ЭМП на животных проводилась путем сравнения показателей опытных групп с аналогичными показателями параллельных контрольных групп спустя 1, 2, 3 и 4 месяца круглосуточного облучения животных. Различия принимали статически достоверными при уровне значимости ($p < 0,05$). Количественные показатели приводятся в виде медианы и интерквартильного размаха.

Результаты. Показатели липидной пероксидации (кетодиены и каталаза) в сыворотке крови крыс в процессе 4-месячного облучения изменялись в зависимости от времени экспозиции, имели разнонаправленный характер и отличались от аналогичных показателей у контрольной группы животных, как представлено в таблице.

Таблица

Показатели липидной пероксидации в сыворотке крови крыс

Table

Indicators of lipid peroxidation in the blood serum of rats

Группа животных	Месяц облучения	Концентрация кетодиенов, пмоль/л	Концентрация каталазы, ммоль/л
Контроль	1	242,76 [217,89; 276,65]	8,89 [8,07; 9,29]
	2	204,27 [131,57; 263,70]	8,21 [6,47; 9,50]
	3	185,06 [158,80; 266,07]	8,83 [8,06; 9,92]
	4	162,17 [139,42; 194,86]	8,27 [6,87; 9,27]
Опыт	1	192,49 [172,71; 228,22]**	9,53 [9,13; 10,52]
	2	326,99 [295,44; 359,26]**	8,29 [7,51; 9,81]
	3	81,72 [62,16; 135,21]	8,95 [8,01; 11,07]
	4	174,16 [139,10; 183,15]	7,86 [7,07; 8,25]

Примечание: ** - $p < 0,01$ относительно контрольной группы

В первый месяц эксперимента уровень кетодиенов в сыворотке крови облученных ЭМП крыс достоверно снизился ($p < 0,01$) и составил 192,49 [172,71; 228,22] пмоль/л по

сравнению с уровнем в группе контроля, достигавшим величины 242,76 [217,89; 276,65] пмоль/л (рис. 1). Продолжение облучения животных опытной группы привело к противоположному результату – резкому достоверному ($p < 0,01$) повышению концентрации кетодиенов до 326,99 [295,44; 359,26] пмоль/л по сравнению с группой мнимого облучения, у которой наблюдалось незначительное снижение уровня до 204,27 [131,57; 263,70] пмоль/л. Однако дальнейшее воздействие ЭМП способствовало интенсивному достоверному ($p < 0,01$) снижению уровня кетодиенов в сыворотке облученных крыс – вплоть до 81,72 [62,16; 135,21] пмоль/л, который также несколько понизился до 185,06 [158,80; 266,07] пмоль/л и у контрольных животных. В последний четвертый месяц экспозиции содержание кетодиенов в сыворотке крови крыс облученной и контрольной групп практически сравнялось: опыт – 174,16 [139,10; 183,15] пмоль/л, контроль – 162,17 [139,42; 194,86] пмоль/л.

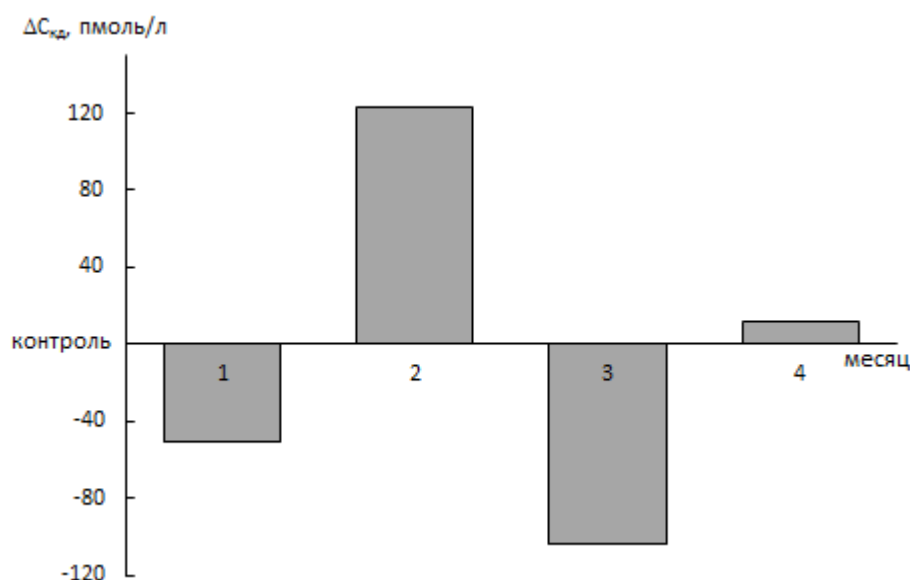


Рис. 1. Разница концентраций кетодиенов в сыворотке крови крыс опытной и контрольной групп, в пмоль/л

Figure 1. The difference between the concentrations of ketodienes in the blood serum of rats from the experimental and control groups, in pmol/l

Динамика активности каталазы на фоне изменений уровня кетодиенов в сыворотке крови облученных крыс демонстрировала противоположную направленность (рис. 2). Увеличение уровня активности каталазы в крови облученных ЭМП крыс до 9,53 [9,13; 10,52] ммоль/л по сравнению с уровнем в группе мнимого облучения, равного 8,89 [8,07; 9,29] ммоль/л, наблюдалось в первый месяц экспозиции. В то же время уровень активности каталазы у крыс после облучения в последующие второй и третий месяцы эксперимента незначительно варьировался от 8,29 [7,51; 9,81] ммоль/л до 8,95 [8,01; 11,07] ммоль/л, а у животных контрольной группы – от 8,21 [6,47; 9,50] ммоль/л до 8,83 [8,06; 9,92] ммоль/л. После четырех месяцев облучения снижение активности каталазы до 7,86 [7,07; 8,25]

ммоль/л отмечено у облученных крыс при относительно неизменном уровне у контрольных животных в 8,27 [6,87; 9,27] ммоль/л.

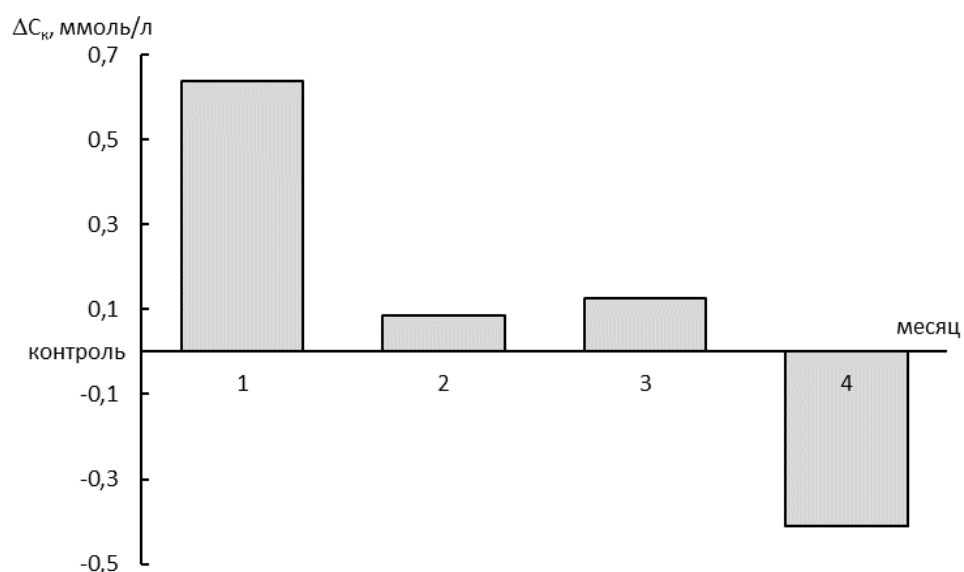


Рис. 2. Разница концентраций каталазы в сыворотке крови крыс опытной и контрольной групп, в ммоль/л

Figure 2. The difference in catalase concentrations in the blood serum of rats of the experimental and control groups, mmol/l

Обсуждение. Полученные экспериментальные данные можно объяснить с позиций соответствия принципам антиоксидантной защиты, в которых изменение содержания одного из компонентов может привести к дисбалансу или недостаточной активности всей системы с последующим нарушением регуляции процессов свободнорадикального окисления [14]. Результаты оценки показателей системы прооксиданты/антиоксиданты в крови животных в условиях хронического воздействия ЭМП в наших исследованиях показали, что обнаруженные достоверные изменения связаны с различной длительностью воздействия ЭМП, имитирующих режимы работы базовых станций сотовой связи действующих стандартов. ЭМП низких интенсивностей в настоящее время рассматриваются как фактор, вызывающий окислительные процессы, а окислительный стресс, индуцированный электромагнитным воздействием, представляется как один из первичных механизмов биологического действия фактора [15, 16]. Полученные данные хронического эксперимента согласуются с результатами ряда исследований в условиях *in vivo* [17-20] и *in vitro* [21], свидетельствующих о нарушении равновесия про- и антиоксидантного баланса при электромагнитном воздействии со сходными частотными параметрами, но меньшей интенсивности и различной длительности.

Результаты исследования хронического облучения животных показали, что воздействие ЭМП на отдельных частотах стандартов сотовой связи 900 МГц, 1800 МГц и 2100 МГц (по 2 ч/сутки, 6 месяцев, при соответствующих величинах удельного поглощения в тканях головного мозга 0,0845 Вт/кг, 0,04563 Вт/кг и 0,03957 Вт/кг) вызывало изменения

общего про- и антиоксидантного статуса в опытной группе по сравнению с необлученной группой в сторону усиления окисления липидов и повышения образования окислительных повреждений в тканях головного мозга крыс [17]. В серии экспериментальных исследований, выполненных на мышах, которые подвергались воздействию ЭМП частотой 1800 МГц при величине ППЭ $37,54 \pm 1,01$ мВт/м² по 12 и 24 часа в течение 45 дней, было обнаружено значительное увеличение содержания в головном мозге животных малонового диальдегида – одного из показателей окисдации липидов при значительном снижении ряда показателей антиоксидантной активности [18]. В исследованиях влияния хронического облучения ЭМП стандарта GSM 1800 МГц (уровень E = $6,8 \pm 0,1$ В/м, 2ч/день, 8 недель) у крыс опытной группы по сравнению с контрольной наблюдалось значительное повышение уровней показателей окислительного стресса (малонового диальдегида и оксида азота) и значительное снижение показателей антиоксидантной защиты (супероксиддисмутазы, каталазы и восстановленного глутатиона) в тканях печени, почек и головного мозга [19].

Данные исследования антиоксидантного статуса плазмы крови людей, проживающих более 5 лет вблизи базовых станций сотовой связи стандартов GSM 900/1800 в условиях воздействия ЭМП с уровнями ППЭ $5,002 \pm 0,182$ мВт/м², показали значительное снижение показателей антиоксидантной защиты (концентрации глутатиона, активности каталазы и супероксиддисмутазы) и значительное увеличение показателей перекисного окисления липидов по сравнению с группой контроля [20].

В результате однократного 30-минутного облучения ЭМП с частотой 1,8 ГГц в культивируемых клетках человека HEK293 обнаружено повышение образования активных форм кислорода, которое сопровождалось изменением экспрессии генов как антиоксидантных, так и окислительных показателей [21]. Подобные изменения в прооксидантных и антиоксидантных системах, подтверждающие полученные результаты экспериментальных исследований, можно рассматривать как состояние окислительного стресса при воздействии ЭМП радиочастотного спектра, которое характеризуется избыточным образованием активных форм кислорода, о чем свидетельствует усиление перекисного окисления липидов и снижение уровня и активности антиоксидантов.

Заключение. Изучение показателей оксидантного и антиоксидантного баланса в крови животных в процессе хронического многочастотного облучения ЭМП, создаваемого передающими радиотехническими объектами действующих стандартов сотовой связи (GSM, UMTS и LTE), при общей величине ППЭ 250 мкВт/см² выявило нарушение регуляции процессов свободнорадикального окисления по отдельным показателям. Обнаруженный эффект нестабильности баланса между прооксидантной/антиоксидантной активностью в сыворотке крови крыс в различные сроки длительного многочастотного облучения ЭМП, по-видимому, связан с избыточным образованием активных форм кислорода в результате электромагнитного воздействия. Электромагнитный фактор антропогенного происхождения в последнее время рассматривается как специфический вид загрязнения окружающей среды, причем, если эти проблемы традиционно являлись санитарно-гигиеническими, то в настоящее время стали частью общей экологической проблемы. В связи с полученными результатами при оценке безопасных уровней воздействия ЭМП на окружающую среду

необходимо учитывать обнаруженный эффект – способность вызывать дисбаланс про- и антиоксидантных процессов в организме.

Список литературы:

1. Veyret B., Perrin A. Wireless communications and radiofrequency fields. In: *Electromagnetic Fields, Environment and Health.* / A. Perrin, M. Souques eds. Paris: Springer-Verlag France; 2012. p.63-79.
2. Gajšek P. Public exposure to radio frequency electromagnetic fields. In: *Mobile Communications and Public Health* / M.S. Markov ed. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group LLC; 2019. p.47-63.
3. The Mobile Economy 2022. URL: <https://www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2022/02/280222-The-Mobile-Economy-2022.pdf> (дата обращения 20.12.2022).
4. Ndiaye M. D. B. L., Noé N., Combeau P., Gaudaire F., Pousset Y. Analysis of electromagnetic waves spatio-temporal variability in the context of exposure to mobile telephony base station. *Progress in Electromagnetic Research C.* 2018; 88: 179-194.
5. Georgiou C.D., Kalaitzopoulou E., Skipitari M., Papadea P., Varemменou A., Gavriil V., et al. Physical differences between man-made and cosmic microwave electromagnetic radiation and their exposure limits, and radiofrequencies as generators of biotoxic free radicals. *Radiation.* 2022; 2(4): 285-302.
6. Verbeek J., Oftedal G., Feychting M., van Rongen E., Scarfi M.R., Mann S., et al. Prioritizing health outcomes when assessing the effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields: A survey among experts. *Environ Int.* 2021; 146: 106300.
7. Меньщикова Е.Б., Ланкин В.З., Зенков Н.К., Бондарь И.А., Круговых Н.Ф., Труфакин В.А. Окислительный стресс. Проксиданты и антиоксиданты. М.: Слово; 2006.
8. Мартинович Г.Г. Активные формы кислорода в регуляции функций и свойств клеток: явления и механизмы. Минск: БГУ; 2021.
9. Yakymenko I., Sidorik E., Henschel D., Kyrylenko S. Low intensity radiofrequency radiation: a new oxidant for living cells. *Oxid Antioxid Med Sci.* 2014; 3(1): 1-3.
10. Henschenmacher B., Bitsch A., de Las Heras Gala T., Forman H.J., Fragoulis A., Ghezzi P., et al. The effect of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF) on biomarkers of oxidative stress in vivo and in vitro: A protocol for a systematic review. *Environ Int.* 2022 Jan; 158:106932.
11. Колесникова Л.И., Даренская М.А., Колесников С.И. Свободнорадикальное окисление: взгляд патофизиолога. *Бюллетень сибирской медицины.* 2017; 16 (4): 16-29.
12. Pompella A., Maellaro E., Casini A.F., Ferrari M., Ciccoli L., Comporti M. Measurement of lipid peroxidation in vivo: a comparison of different procedures. *Lipids.* 1987; 22 (3): 206-211.
13. Королюк М.А., Иванова Л.И., Майорова И.Г., Токарев В.Е. Метод определения активности каталазы. *Лаб дело.* 1988; 1: 16-19.

14. Сазонтова Т.Г., Архипенко Ю.В. Значение баланса прооксидантов и антиоксидантов – равнозначных участников метаболизма. Патологическая физиология и экспериментальная терапия. 2007; 3: 2-18.
15. Yakymenko I., Tsybulin O., Sidorik E., Henshel D., Kyrylenko O., Kyrylenko S. Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. *Electromagn Biol Med*. 2016; 35 (2): 186-202.
16. Kivrak E.G., Yurt K.K., Kaplan A.A., Alkan I., Altun G. Effects of electromagnetic fields exposure on the antioxidant defense system. *J Microsc Ultrastruct*. 2017 Oct-Dec; 5(4):167-176.
17. Alkis M.E., Bilgin H.M., Akpolat V., Dasdag, S., Yegin, K., Yavas, M.C., et al. Effect of 900-, 1800-, and 2100-MHz radiofrequency radiation on DNA and oxidative stress in brain. *Electromagn Biol Med* 2019; 38 (1): 32-47.
18. Zosangzuali M., Lalremruati M., Lalmuansangi C., Nghakliana F., Pachuau L., Bandara P. et al. Effects of radiofrequency electromagnetic radiation emitted from a mobile phone base station on the redox homeostasis in different organs of Swiss albino mice. *Electromagn Biol Med*. 2021; 40 (3): 393-407.
19. Berköz M., Arslan B., Yıldırım M., Aras N., Yalın S., Çömelekoğlu Ü. 1800 MHz radio-frequency electromagnetic radiation induces oxidative stress in rat liver, kidney and brain tissues. *Eastern J Med*. 2018; 23(2): 71-78.
20. Zothansiam, Zosangzuali M., Lalramdinpuii M., Jagetia G.C. Impact of radiofrequency radiation on DNA damage and antioxidants in peripheral blood lymphocytes of humans residing in the vicinity of mobile phone base stations. *Electromagn Biol Med*. 2017; 36 (3): 295-305.
21. Pooam M., Jourdan N., Aguida B., Dahon C., Baouz S., Terry C., et al. Exposure to 1.8 GHz radiofrequency field modulates ROS in human HEK293 cells as a function of signal amplitude. *Commun Integr Biol*. 2022; 15 (1): 54-66.

References:

1. Veyret B., Perrin A. Wireless communications and radiofrequency fields. In: *Electromagnetic Fields, Environment and Health* / A. Perrin, M. Souques eds. Paris: Springer-Verlag France; 2012. p.63-79.
2. Gajšek P. Public exposure to radio frequency electromagnetic fields. In: *Mobile Communications and Public Health* / M.S. Markov ed. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group LLC; 2019. p.47-63.
3. The Mobile Economy 2022. URL: <https://www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2022/02/280222-The-Mobile-Economy-2022.pdf>. (accessed 20.12.2022)
4. Ndiaye M. D. B. L., Noé N., Combeau P., Gaudaire F., Pousset Y. Analysis of electromagnetic waves spatio-temporal variability in the context of exposure to mobile telephony base station. *Progress in Electromagnetic Research C*. 2018; 88: 179-194.
5. Georgiou C.D., Kalaitzopoulou E., Skipitari M., Papadea P., Varemменou A., Gavriil V., et al. Physical differences between man-made and cosmic microwave electromagnetic radiation

- and their exposure limits, and radiofrequencies as generators of biotoxic free radicals. *Radiation*. 2022; 2(4): 285-302.
6. Verbeek J., Oftedal G., Feychting M., van Rongen E., Scarfi M.R., Mann S., et al. Prioritizing health outcomes when assessing the effects of exposure to radiofrequency electromagnetic fields: A survey among experts. *Environ Int*. 2021; 146: 106300.
 7. Men'shhikova E.B., Lankin V.Z., Zenkov N.K., Bondar' I.A., Krugovyh N.F., Trufakin V.A. Okislitel'nyj stress. Prooksidanty i antioksidanty. M.: Slovo; 2006. (In Russian)
 8. Martinovich G.G. Aktivnye formy kisloroda v reguljacii funkcij i svojstv kletok: javlenija i mehanizmy. Minsk: BGU; 2021. (In Russian)
 9. Yakymenko I., Sidorik E., Henschel D., Kyrylenko S. Low intensity radiofrequency radiation: a new oxidant for living cells. *Oxid Antioxid Med Sci*. 2014; 3(1): 1-3.
 10. Henschenmacher B., Bitsch A., de Las Heras Gala T., Forman H.J., Fragoulis A., Ghezzi P., et al. The effect of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF) on biomarkers of oxidative stress in vivo and in vitro: A protocol for a systematic review. *Environ Int*. 2022 Jan; 158:106932.
 11. Kolesnikova L.I., Darenskaya M.A., Kolesnikov S.I. Free radical oxidation: a pathophysiological's view. *Bulleten Sibirskoy Meditsiny*. 2017; 16 (4): 16-29. (In Russian)
 12. Pompella A., Maellaro E., Casini A.F., Ferrari M., Ciccoli L., Comporti M. Measurement of lipid peroxidation in vivo: a comparison of different procedures. *Lipids*. 1987; 22 (3): 206-211.
 13. Koroljuk M.A., Ivanova L.I., Majorova I.G., Tokarev V.E. Metod opredelenija aktivnosti katalazy. *Lab delo*. 1988; 1: 16-19. (In Russian)
 14. Sazontova T.G., Arhipenko Ju.V. Znachenie balansa prooksidantov i antioksidantov – ravnoznachnyh uchastnikov metabolizma. *Patologich fiziol jeksperim terapija*. 2007; 3: 2-18. (In Russian)
 15. Yakymenko I., Tsybulin O., Sidorik E., Henschel D., Kyrylenko O., Kyrylenko S. Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. *Electromagn Biol Med*. 2016; 35 (2): 186-202.
 16. Kivrak E.G., Yurt K.K., Kaplan A.A., Alkan I., Altun G. Effects of electromagnetic fields exposure on the antioxidant defense system. *J Microsc Ultrastruct*. 2017 Oct-Dec; 5(4):167-176.
 17. Alkis M.E., Bilgin H.M., Akpolat V., Dasdag, S., Yegin, K., Yavas, M.C., et al. Effect of 900-, 1800-, and 2100-MHz radiofrequency radiation on DNA and oxidative stress in brain. *Electromagn Biol Med* 2019; 38 (1): 32-47.
 18. Zosangzuali M., Lalremruati M., Lalmuansangi C., Nghakliana F., Pachuau L., Bandara P. et al. Effects of radiofrequency electromagnetic radiation emitted from a mobile phone base station on the redox homeostasis in different organs of Swiss albino mice. *Electromagn Biol Med*. 2021; 40 (3): 393-407.
 19. Berköz M., Arslan B., Yıldırım M., Aras N., Yalın S., Çömelekoğlu Ü. 1800 MHz radio-frequency electromagnetic radiation induces oxidative stress in rat liver, kidney and brain tissues. *Eastern J Med*. 2018; 23(2): 71-78.
 20. Zothansiyama, Zosangzuali M., Lalramdinpuii M., Jagetia G.C. Impact of radiofrequency radiation on DNA damage and antioxidants in peripheral blood lymphocytes of humans

residing in the vicinity of mobile phone base stations. *Electromagn Biol Med.* 2017; 36 (3): 295-305.

21. Pooam M., Jourdan N., Aguida B., Dahon C., Baouz S., Terry C., et al. Exposure to 1.8 GHz radiofrequency field modulates ROS in human HEK293 cells as a function of signal amplitude. *Commun Integr Biol.* 2022; 15 (1): 54-66.

Поступила/Received: 27.12.2022

Принята в печать/Accepted: 16.02.2023