

Медицина труда и экология человека

***2021. №1,
Сетевое издание ISSN 2411-3794***



12+

uniimtech.ru

Медицина труда и экология человека

2021, №1

ISSN 2411-3794

Occupational health and human ecology

2021, №1

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 – директор ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека»

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

Редакционный совет:

А.Ю. Попова, д.м.н., проф. (Россия, Москва),

И.В. Бухтияров, д.м.н., проф., член-корр. РАН (Россия, Москва),

В.Ю. Ананьев, к.м.н. (Россия, Москва),

Н.В. Зайцева, д.м.н., акад. РАН (Россия, Пермь),

А.В. Зеленко, к.м.н. (Белоруссия, Минск),

Г.Е. Косяченко, д.м.н. (Белоруссия, Минск),

И.З. Мустафина, к.м.н. (Россия, Москва),

В.Н. Ракитский, д.м.н., акад. РАН (Россия, Москва),

С.Х. Сарманаев, д.м.н., проф. (Россия, Москва),

С.А. Горбанев, д.м.н. (Россия, Санкт-Петербург),

И.В. Май, д.б.н., проф. (Россия, Пермь),

Н.В. Богданова, Ph.D (Германия, Ганновер),

Ю.А. Рахманин, д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Москва),

А.Я. Рыжов, д.б.н., проф. (Россия, Тверь),

Е.Г. Степанов, к.м.н. (Россия, Уфа),

В.Ф. Спиринов, д.м.н., проф. (Россия, Саратов),

С.И. Сычик, к.м.н. (Белоруссия, Минск),

В.А. Тутельян, д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Москва),

Х.Х. Хамидулина, д.м.н., проф. (Россия, Москва),

С.А. Хотимченко, д.м.н., проф., член-корр. РАН (Россия, Москва),

Т.Н. Хамитов, к.м.н. (Казахстан, Караганда),

А.Н. Данилов, д.м.н., проф. (Россия, Саратов),

М.П. Сутункова, к.м.н. (Россия, Екатеринбург),

И.К. Романович, д.м.н., проф., акад. РАН (Россия, Санкт-Петербург)

Редакционная коллегия:

Э.Т. Валеева, д.м.н. (Россия, Уфа),

Т.В. Викторова, д.м.н., проф. (Россия, Уфа),

М.Г. Гайнуллина, д.м.н., проф. (Россия, Уфа),

Т.Р. Зулъкарнаев, д.м.н., проф. (Россия, Уфа),

Л.М. Карамова, д.м.н., проф. (Россия, Уфа),

Л.К. Каримова, д.м.н., проф. (Россия, Уфа),

В.О. Красовский, д.м.н. (Россия, Уфа),

Р.А. Сулейманов, д.м.н. (Россия, Уфа),

З.С. Терегулова, д.м.н., проф. (Россия, Уфа),

Л.М. Масыгутова, д.м.н. (Россия, Уфа),

З.Ф. Гимаева, д.м.н. (Россия, Уфа),

Э.Р. Шайхлисламова, к.м.н. (Россия, Уфа)

Редакция:

зав. редакцией – Батисова С.М.

научный редактор – Каримов Д.О.

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

корректор – Ахмадиева Р.Р.

Адрес редакции: Российская Федерация, 450106, Республика Башкортостан,

город Уфа, улица Степана Кувькина, 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: 29.03.2021 г.

©ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», 2021

Occupational Health and Human Ecology

2021. №1

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 - Director,
Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology

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

Editorial Board:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A.N. Danilov, M.D., Professor of Medicine (Russia, Saratov),

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

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

Editorial Council:

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

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

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

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

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

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

V.O. Krasovsky, M.D. (Russia, Ufa),

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

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

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

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

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

Editors:

Managing Editor - Batisova S.M.

Science Editor - Karimov D.O.

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

Proofreader - Ahmadiyeva R.R.

Editorial office: Russian Federation, 450106, Republic of Bashkortostan, 94, Kuvykina 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 magazine 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: 29.03.2021.

© Federal State-Funded Institution of Science "Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology", 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

- 6** RGB-ТАКСИС TRICHOPLAX (PLASOZOA) КАК НОВЫЙ МЕТОД
ГИГИЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Капцов В.А., Дейнего В.Н., Козырицкий Д.В.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ И СОЦИАЛЬНАЯ ГИГИЕНА

- 23** ДИНАМИКА МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В
РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН В 1990-2019 ГГ.

Аскарлов Р.А., Аскарлова З.Ф., Бакиров Б.А., Франц М.В., Утяшева И.Б.

ГИГИЕНА ТРУДА

- 35** ХИМИЧЕСКИЙ ФАКТОР В УСЛОВИЯХ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ
ПРОИЗВОДСТВ И МЕРЫ ПО ЕГО МИНИМИЗАЦИИ

Каримова Л.К., Мулдашева Н.А., Ларионова Т.К., Валеева Э.Т., Шайхлисламова Э.Р., Волгарева А.Д.

ГИГИЕНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- 49** ПРИМЕНЕНИЕ ВОДНЫХ И ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ
ЖИВОТНЫХ В СИСТЕМЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛАССА ОПАСНОСТИ
ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА – ШЛАМА КАМНЕОБРАБОТКИ

Камлюк С.Н., Борис О.А., Петрова С.Ю., Анисович М.В., Васильева М.М., Иода В.И.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ

- 55** ПРОГРАММА «ПАСПОРТ ЗДОРОВЬЯ» КАК ЭЛЕМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ
РИСКАМИ ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

Зеленко А.В., Щербинская Е.С., Синякова О.К., Семушина Е.А., Сычик Л.М.

МЕДИЦИНА ТРУДА

- 61** ОХРАНА РЕПРОДУКТИВНОГО ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ – ФАКТОР,
СПОСОБСТВУЮЩИЙ УЛУЧШЕНИЮ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

Гайнуллина М.К., Шайхлисламова Э.Р., Каримова Л.К., Терегулов Б.Ф.,

Каримова Ф.Ф.

73 ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ РИСК ЗДОРОВЬЮ РАБОТНИКОВ,
ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ АЭРОЗОЛЕЙ ИСКУССТВЕННЫХ
МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Гутич Е.А., Косяченко Г.Е., Сычик Л.М.

81 СОСТОЯНИЕ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ЛАБОРАНТОВ
НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА, ВЗАИМОСВЯЗЬ НАРУШЕНИЙ
С ИХ РЕПРОДУКТИВНЫМ ЗДОРОВЬЕМ

Ирмякова А.Р., Гайнуллина М.К., Чурмантаева Г.Х., Курбангалеева Р.Ш.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

93 ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ ГЕНОВ МТ2А И МТ3 В ПЕЧЕНИ И ПОЧКАХ
КРЫС В ОТВЕТ НА ВВЕДЕНИЕ РАЗНЫХ ДОЗ ХЛОРИДА КАДМИЯ

Зиатдинова М.М., Валова Я.В., Мухаммадиева Г.Ф., Фазлыева А.С.,
Каримов Д.О., Хуснутдинова Н.Ю.

102 ОЦЕНКА ТРАНСКРИПЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГЕНА НМОХ1 ПРИ
АЛКОГОЛЬНОМ ПОРАЖЕНИИ ПЕЧЕНИ У КРЫС И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ
ЛЕКАРСТВЕННОЙ КОРРЕКЦИИ

Валова Я.В., Зиатдинова М.М., Мухаммадиева Г.Ф., Фазлыева А.С., Каримов
Д.О., Хуснутдинова Н.Ю., Якупова Т.Г., Смолянкин Д.А.

ВОПРОСЫ ПИТАНИЯ

108 АНАЛИЗ КАЧЕСТВА АЛКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ И ОЦЕНКА РИСКА
ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ

Аллаярова Г.Р., Ларионова Т.К., Даукаев Р.А., Аухадиева Э.А., Зеленковская Е.Е.,
Афонькина С.Р., Фазлыева А.С.

УДК 614/5: 644.36

RGB-ТАКСИС TRICHOPLAX (PLASOZOA) КАК НОВЫЙ МЕТОД ГИГИЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Капцов В.А.¹, Дейнего В.Н.¹, Козырицкий Д.В.²

¹ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт гигиены транспорта»

Роспотребнадзора, Москва, Россия

²ГБОУ «Гимназия №8» им. Н.Т. Хрусталева, г. Севастополь, Россия

При проведении гигиенических исследований актуальной задачей является поиск простых многоклеточных животных с социальным поведением для решения фундаментальных вопросов взаимодействия клеток с дестабилизирующими факторами внешней среды. Морское животное Trichoplax (Plasozoa) имеет простейшую организацию среди всех известных животных всего с шестью различными типами клеток, но с выдающимся социальным поведением.

Проведен теоретический анализ спектрального состава света и степени его поляризации в морской среде простейшего многоклеточного животного Trichoplax (Plasozoa), а также особенностей его генно-клеточного строения. Исходя из законов гидрооптики и стратегии выживания («пища-жертва») определены координатные оси световой среды для Trichoplax (световая вертикаль (395 нм) и две горизонтальные световые оси – отраженный горизонтальный свет от пищи (зеленый – 532 нм) и исходящий от арагонитового панциря хищника моллюска флуоресцентный свет (красный – 630 нм). На основании этого высказана гипотеза о наличии RGB-таксиса у Trichoplax. Для управления Trichoplax выбраны монохромные световые сигналы красный - 630 нм, зеленый - 532 нм и синий - 395 нм. Экспериментально в рамках работы «Trichoplax для бионики» подтверждено открытие RGB-таксиса у Trichoplax. Trichoplax Movement control RGB - taxis - YouTube

Ключевые слова: Трихоплакс, кристаллические клетки, арагонит, шишковидная железа, кристалл, фототаксис, триптофан, серотонин, нейропептидная сеть, циркадные ритмы.

Для цитирования: Капцов В.А., Дейнего В.Н., Козырицкий Д.В. Rgb-таксис trichoplax (plasozoa), как новый метод гигиенических исследований. Медицина труда и экология человека. 2021;1:6-22

Для корреспонденции: Капцов Валерий Александрович., член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом гигиены труда, e-mail: kapcovva39@mail.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10101>

RGB-TAXIS TRICHOPLAX (PLACOZOA) AS A NEW METHOD OF HYGIENIC STUDIES

Kaptsov V.A¹, V.N. Deinogo V.N.¹, Kozyritskiy D.V.²

1. Federal State Unitary Enterprise "All-Russian Research Institute of Transport Hygiene"
Rospotrebnadzor, Russia, 125438, Moscow, Pakgauznoe shosse, 1, bldg. one

2. GBOU "Gymnasium №8" named after N.T. Khrustaleva Sevastopol 299029, City of Sevastopol,
Leninsky, Khrustalev street, house 45

When conducting hygienic research, it is an urgent task to search for simple multicellular animals with social behavior to solve fundamental issues of the interaction of cells with destabilizing factors of the external environment. The marine animal Trichoplax (Placozoa), having the simplest organization of any animal known, with only six distinguishable cell types, but with outstanding social behavior. The marine animal Trichoplax (Placozoa), having the simplest organization of any animal known, with only six distinguishable cell types, but with outstanding social behavior. A theoretical analysis of the spectral composition of light and the degree of its polarization in the marine environment of the simplest multicellular animal Trichoplax (Placozoa), as well as the features of its gene-cellular structure, has been carried out. Based on the laws of hydro-optics and the strategy of survival ("food-prey"), the coordinate axes of the light medium for Trichoplax were determined (light vertical (395nm) and two horizontal light axes - reflected horizontal light from food (green-532nm) and emanating from the aragonite shell of a mollusk predator fluorescent light (red-630nm).

Based on this, a hypothesis was put forward about the presence of RGB taxis in Trichoplax. Monochromatic light signals red - 630 nm, green - 532 nm and blue - 395 nm were selected to control Trichoplax. The discovery of RGB taxis at Trichoplax has been experimentally confirmed within the framework of the work "Trichoplax for Bionics". Trichoplax Movement control RGB - taxis - YouTube

Key words: *Trichoplax, crystalline cells, aragonite, pineal gland, crystal, phototaxis, tryptophan, serotonin, neuropeptide network, circadian rhythms.*

Citation: *Kaptsov V.A., Deinogo V.N., Kozyritskiy D.V. Rgb-taxis trichoplax (placozoa) as a new method of hygienic research. Occupational health and human ecology. 2021: 1:6-22*

Correspondence: *Valery A. Kaptsov, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, DSc. (Medicine), Professor, Head of the Department of Occupational Hygiene, e-mail: kaptcovva39@mail.ru.*

Financing: *The study had no financial support.*

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10101>

Одним из ключевых факторов, влияющих на здоровье человека, является свет, который действует на шишковидную железу, ответственную за циркадные ритмы и синтез из триптофана, серотонина и мелатонина. Шишковидная железа состоит из клеток с кристаллами кальцита и нейропептидной сети, которая связана с нейронами мозга человека. Одной из актуальных проблем гигиены является поиск простых и недорогих в содержании биологических объектов для проведения исследований по влиянию света на биохимические процессы, протекающие в системе «кристаллы кальцита и нейропептидная сеть». Такие

животные найдены – это *Trichoplax*, которые представляют собой новые модельные организмы с огромным потенциалом для многих областей биологических, биомедицинских и гигиенических исследований [1].

Многоклеточные животные *Trichoplax* в своей структуре содержат кристаллические клетки кальцита, нейропептидную сеть, нейромедиатор серотонин, в них обнаружен триптофан и каналы для мелатонина. Изучение данного животного представляет интерес не только для специалистов по гигиене света, но и труда, коммунальной, гигиене детей и подростков, гигиене питания, как простая биологическая модель для проведения экспериментов по изучению неблагоприятных влияний на живые клетки. Специалисты считают, что этот вид может стать научной суперзвездой, несущей ключи к истокам развития многоклеточных животных, мозга и рака.

Trichoplax (Placozoa) – это простейшее многоклеточное животное, появившееся 780 миллионов лет назад и дожившее до наших дней. Это животное – «блинчик» размером менее 2 мм, толщиной 25 мкм, состоит из трех слоев клеток и обитает в теплых морях на глубине от 5 до 20 м [1].

С биологической точки зрения знания о его жизнестойкости, клеточном строении и межклеточном взаимодействии, а также о коллективном поведении имеют большую ценность для познания эволюционных процессов развития животных и человека. Поиск светочувствительной системы у *Trichoplax* и открытие у него RGB-таксиса приоткрывает тайны выживания и эволюции цветного зрения у многоклеточных.

Основное условие эволюции – выживание в среде обитания, которая характеризуется спектром света, пищевыми ресурсами, множеством хищников, концентрацией веществ и газов (Ca, Na, Mg, Ru) в воде, уровнем кислотности pH, температурой. Эволюционный закон выживания определяет клеточное строение животного, функциональное взаимодействие между клетками и симбионтами, а также поведенческую реакцию животного на воздействия (изменения концентрации веществ, химические, световые, окружающей среды). Изменение концентрации Ca и Mg в воде влияет на животное *Trichoplax*: оно распадается на клетки при уменьшении концентрации этих ионов или собирается из клеток вновь при возвращении концентрации веществ в норму. Выделяемые пищей вещества останавливают *Trichoplax* над ней с большой точностью. Животное *Trichoplax* выживает сотни миллионов лет в морской сине-зеленой световой среде. Это говорит о том, что сенсорная система *Trichoplax* и его строение отвечают закону необходимого разнообразия - для устойчивого существования биологической (в том числе кибернетической) системы необходимо, чтобы она обладала внутренним разнообразием, требуемым для блокирования любых внешних и внутренних возмущений [2].

Высокая жизнеспособность простейшего многоклеточного животного *Trichoplax* H2 при минимально необходимом внутреннем разнообразии определяется наличием:

- клеток (шесть типов клеток при их общем количестве около 50000 штук);
- симбиотов (бактерии *Grellia incantans* G. и Рутманния);
- генов (геном *Trichoplax* включает 11,5 тысяч генов [3]);
- сенсоров - кристаллических клеток (0,2% от общего количества клеток).

Это минимальное разнообразие и привлекло внимание к простейшему животному *Trichoplax* исследователей из университетов многих стран, которые в основном изучают:

- генно-клеточное строение *Trichoplax*, типы клеток: вентральные эпителиальные; липофильные; железистые; волокнистые; дорсальные эпителиальные. Кристаллические клетки, содержащие кристалл арагонит, были открыты только в 2014 г. [4];
- процессы пищеварения, хемотаксиса и размножения *Trichoplax* [5];
- функционирование нейропептидной [6] системы и [нейромедиаторов](#). Активно исследуется роль триптофана и серотонина в жизни *Trichoplax* [7];
- различные каналы (ионов кальция, натрия и сигнальных молекул NO). В кристаллических клетках обнаружены натриевые потенциалы действия [8];
- биомеханику движения тела животного и его клеток [9, 10];
- систему кристаллических клеток с кристаллами арагонита – как гравитационные сенсоры [11, 12].

В то же время мы не нашли работы, в которых бы рассматривались вопросы фототаксиса и тем более RGB-таксиса.

Проблема состоит в том, что сегодня отсутствует классификация сенсорных систем *Trichoplax*, а механизмы их действия малоизучены и полны противоречий. Авторами проанализированы работы международного коллектива исследователей *Trichoplax* различных континентов. Инициаторами работ по изучению биологии *Trichoplax* (в частности, электрической активности его кристаллических клеток, нейропептидной системы и сигнальных молекул NO) являются Л. Мороз (Флоридский университет) с соавторами, российский специалист по пластинчатым М. Никитин (МГУ им. Ломоносова), а также сотрудники Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Д. Романова и И. Смирнов [13, 14, 15]. Ранние исследования о *Trichoplax* изложены в книге Серавина Л.Н. и Гудкова А.В. [16].

Каролин Смит, нейробиолог из Национального института здоровья в Бетесде (США, штат Мэриленд) и Томас Риз обнаружили в протонервной системе *Trichoplax* клетки, которые содержат разновидность минерального кристалла. Этот кристалл всегда опускается на «дно» клетки, независимо от того, в каком положении находится животное: стоит он ровно, под наклоном или перевернут. Таким образом, *Trichoplax* использует эти клетки, чтобы «почувствовать», где находится верх, а где низ [17]. Каролин Смит указывает, что кристаллические клетки являются частью протонервной системы *Trichoplax*. Это очень важное положение для понимания роли митохондрий в кристаллической клетке и влияния системы этих клеток на поведенческие реакции *Trichoplax*. Новые знания о строении и поведении *Trichoplax* откроет Конференция «RESUMES INSCRIPTION AND SUBMISSION» (12-16 апреля 2021 г. Роскофф (Франция)). На ней с докладом «Клеточные типы Placozoa и их соответствие у других животных» выступит специалист по кристаллическим клеткам (как гравитационным датчикам) Татьяна Майорова (NIH, Bethesda, США). Также считается, что *Trichoplax* движется по псевдослучайной траектории к пище и является необучаемым и неуправляемым животным [11]. Вопросам динамики движения клеток в теле *Trichoplax* уделяет большое внимание группа исследователей под руководством профессора Ману Пракаш (Университет Стэнфорд, США) [9, 10].

В этих исследовательских центрах специалистами не рассматривались вопросы влияния водной световой среды на генно-клеточное формирование *Trichoplax* и его поведенческие реакции. Только в одной статье говорилось о том, что ночью в чашке Петри

активность *Trichoplax* ограничена (они собираются в группу), а при свете они разбегаются [18]. Эффект «разбегания» группы животных *Trichoplax* под воздействием яркого искусственного светодиодного света (от подсветки предметного столика оптических микроскопов) наблюдали многие исследователи, но при этом каждый давал свою трактовку этому эффекту [19, 20].

В природе жизнь животного *Trichoplax* тесно связана с солнечным светом, который меняет интенсивность и состав спектра, поярусно наполняя морские глубины красками цветов. Водный мир в сине-зеленом свете на глубине обитания *Trichoplax* от 5 до 20 м наполнен многообразием цветов, которое увеличивается за счет *флуоресцентного света от кристаллов арагонита, гуанина и других органических соединений* флоры и фауны. В этом многообразии цветов световых стимулов простейшее многоклеточное животное *Trichoplax* ориентируется уже 780 миллионов лет и успело накопить большой список генов опсинов (RDD38879.1, RDD36429.1). В морской воде эти многоклеточные по свету от флуоресценции и отраженному свету распознают врагов и источники пищи. При этом происходит межвидовая коммуникация [21] и ориентация животного в координатах «свет – цвет пищи - цвет врага». Для ориентации в этом хаосе цветов необходимо выбрать систему световых координат и команд для соответствующей поведенческой реакции (пища - стоп и можно есть, продолжить движение, опасность - изменить направление движения). Световая среда обитания характеризуется уровнем освещенности, спектром света, степенью его поляризации. Для морских обитателей ключевой характеристикой света является поляризация, так как многие обитатели морской стихии имеют в светочувствительной системе линзы из кристаллов кальцита (арагонита), который обладает двулучепреломлением. Это основа их поляризационного зрения, эффективность которого усиливается при наличии в глазах отражателей из кристалла гуанина. Также эти кристаллы на чешуе рыб обеспечивают их обладателям невидимость на углах атаки хищников [20], а флуоресценция этих кристаллов обеспечивает межвидовую коммуникацию [21, 23].

Поляризованный свет сужает сектор обзора животного, но обеспечивает ему «квазипрямолинейное» движение к цели (источнику пищи). Для расширения сектора обзора необходимо иметь множество разнонаправленных фоточувствительных датчиков с арагонитом, как у хитона, или постоянно крутить телом, на котором находятся эти световые датчики. В поляризованном свете в мутной воде видно дальше и контрастней. Подводная поляризация света является максимальной, когда вы смотрите под углом 90° в сторону от основного направления распространения света, и минимальной при направлении взгляда, как по направлению распространения света, так и от него. Опускаясь глубже, независимо от положения солнца, *самый яркий свет идет сверху вниз*, поэтому поляризация минимальна, если смотреть прямо вверх и прямо вниз, и максимальна, если смотреть горизонтально [24]. Если смотреть снизу вверх (от дна на поверхность моря), то в соответствии с законом полного отражения будет виден светлый круг, из которого проистекает свет [25]. Этот свет является световой вертикалью и несет информацию для многоклеточного, где находится верх. Зелено-фиолетовый свет освещает зеленые водоросли (пища для *Trichoplax*), которые в отраженном (поляризованном) свете имеют свою ярко-зеленую окраску. Горизонтальный поляризованный зеленый свет – это пища и можно остановиться. У маленького *Trichoplax*

есть враги, например, брюхоногие моллюски или стрекающие [26]. Панцирь всех моллюсков содержит карбонат кальция (CaCO_3), который может находиться в виде двух модификаций:

- арагонита — характерен для более древних моллюсков; перламутровый слой всегда состоит только из арагонита;
- кальцита — по-видимому, эта модификация более позднее приобретение моллюсков.

Кристаллы кальцита (арагонита) при облучении светом 395 нм светятся красным светом 630-650 нм. Этот горизонтально распространяющийся свет демаскирует хищника и многоклеточные *Trichoplax* покидают его территорию. Итак, для пространственной ориентации у многоклеточного *Trichoplax* есть три световые координаты. Это две горизонтальных координаты - направления на зеленый и красный свет и одно вертикальное направление - фиолетовый свет, идущий сверху вниз (гелиовертикаль). В лучах фиолетового света животное *Trichoplax* узнает, где находится пища или враг.

Исходя из особенностей клеточного строения (в частности, наличие кристаллических клеток с кристаллами арагонита) и перечня генов опсинов была высказана гипотеза о наличии RGB-таксиса у животного *Trichoplax*.

Рассмотрим, насколько генно-клеточное строение *Trichoplax* способствует стратегии выживания и ориентации световых координат (фиолетового, зеленого и красного света).

Фиолетово-зеленый свет интегрально воздействует на все клетки *Trichoplax*, при этом кристаллические клетки по своему строению выполняют роль светового сенсора по следующим характеристикам:

- большое количество этих клеток в теле одного животного (75 шт), подобно тому, как у моллюска хитона имеется множество арагонитовых глаз;
- размещение их в зоне края пластинки тела (10-20 мкм от края);
- наличие в них кристалла арагонита (как основы поляризационного зрения);
- тесная связь с другими клетками (с волокнистыми и липофильными) актиновыми нитями [11].

Систему кристаллических клеток хорошо видно в поляризованном свете на краях пластинчатого тела *Trichoplax* H2. У животного *Trichoplax* H4 под слоем верхних дорсальных клеток расположены ряды кристаллических клеток [8]. Кристаллические клетки содержат линзовидные, ромбовидные кристаллы арагонита ~ 2 мкм в диаметре, чашевидное ядро, прилегающее к одной стороне клетки, и две центрально расположенные митохондрии, фланкирующие кристалл арагонита. Эти кристаллы арагонита обновляются, как у хитона. За формирование кристаллов арагонита в кристаллических клетках отвечает процесс биоминерализации [27].

Множество двулучепреломляющих кристаллов арагонита оказывает влияние на характер движения *Trichoplax*. Перед началом движения *Trichoplax* вращается и после нескольких оборотов движется в выбранном направлении. Такое сканирующее движение системой кристаллических клеток характерно для животного, у которого имеется поляризационное зрение, а также для систем, проводящих стохастическую оценку величины и направления светового сигнала.

При этом необходимо отметить, что кристалл арагонита при облучении светом 395 нм светится красным светом 630 нм, который благотворно влияет на фланкирующие его

митохондрии. Красный свет стимулирует выработку митохондриями дополнительной порции АТФ [28] или кванта электроэнергии [29], если она (митохондрия) находится в протонервной системе [17] и в клетке есть окись азота, которая подавляет выработку АТФ [31]. Этот факт очень интересен в свете открытия в кристаллических клетках *Trichoplax* потенциал-зависимых каналов действия [30].

О функционировании и строении кристаллических клеток в настоящее время известно мало, но исследования их строения продолжаются [11, 30].

В работе [11] показано следующее:

- эпителиальные клетки, контактировавшие с кристаллическими клетками, принадлежали эпителию по окружности животного и имели столбчатую форму с узким концом на поверхности. Более того, они отличались от других эпителиальных клеток тем, что содержали заметные пучки актиновых нитей по всему периметру [11];

- слой актина окружает кристаллические клетки [11].

Возможно, сокращение актиновых нитей вызывает формирование центров сжатия на верхней поверхности дорсальных клеток [9]. В работах [13, 30] приведены результаты комбинированного анализа геномных, молекулярных и микрохимических исследований, демонстрирующие присутствие в кристаллических клетках *Trichoplax* функциональных ферментов синтеза монооксида азота (NOS) [13, 30]. Субстратом для NO-синтаз в синтезе оксида азота NO является L-аргинин [13], который является оптически активным. В зависимости от его концентрации меняется плоскость поляризации обыкновенного и необыкновенного лучей света, исходящих из кристалла арагонита. Окись азота может влиять на режим функционирования митохондрий [31], которые фланкируют кристалл арагонита. L-аргинин с металлоорганическими соединениями может организовывать светочувствительные комплексы, такие как рутений-полипиридин [32] и другие металлы [33]. Рутений и другие металлы могут поглощаться из морской воды или из сине-зеленых водорослей и взаимодействовать с азотистыми соединениями цитоплазмы.

В цитоплазме кристаллических клеток имеются дополнительные включения - светлые и темные пузырьки и аппарат Golgi [11, 30]. Известно, что с помощью везикулярного транспорта прошедшие через аппарат Golgi белки доставляются «по адресу» в зависимости от полученных ими в аппарате Golgi «меток». Везикулярный транспорт способствует формированию в кристаллической клетке кристалла арагонита [34], а наличие белков, гуанина и цитоплазмы создает предпосылки для формирования иридоцитов на поверхности чашевидного ядра. Иридоциты — пигменты, в которых чередуются слои белковых пластин, кристаллов гуанина и цитоплазмы. Из-за разных показателей преломления этих слоев пигменты интерферируют световые волны и могут отражать свет от ультрафиолетового до дальнего красного. Функции у пигментов иридоцитов самые разные: они могут предотвращать диффузию газов, защищать от перегрева, быть частью зрительной системы, помогать внутривидовой коммуникации или служить маскировкой. Отражающие свойства кристаллов гуанина зависят от их ориентации, которая может определяться параметрами внешнего магнитного поля [35, 36, 37].

Наличие в кристаллических клетках иридоцитов позволит расширить функциональную роль кристаллических клеток *Trichoplax*.

На настоящий момент точные функции кристаллических клеток не классифицированы и рассматриваются разные гипотезы их функционального назначения.

В работах [11] экспериментально доказывается гипотеза, что кристаллические клетки являются статоцитами. Автор работы [11] считает:

- поскольку кристаллы кажутся достаточно тяжелыми, чтобы менять положение внутри кристаллической ячейки в ответ на гравитацию и разрушаются во время секционирования, мы предположили, что на самом деле это маленькие камни;

- кристаллы CaCO_3 толщиной от 30 до 150 мкм встречаются в некоторых хитонах [38,39], хрупких морских звездах [40] и вымерших трилобитах [41], где они, как полагают, фокусируют свет, но кристаллы в *Trichoplax*, по-видимому, слишком малы, чтобы функционировать таким образом [11].

По данным работы [11], эксперименты проводились в затемненном помещении при постоянной цветовой температуре света, исходящего из прецизионного светового короба с регулируемой интенсивностью и контролем температуры (Northern Light Technologies, Inc., Канада). Стекланный контейнер с *Trichoplax* помещали на пластиковую чашку Петри, центрированную по уровню освещенности поверхности от светильника (светового короба) (освещенность 276 люкс).

Известно, что светильники Northern Light Technologies, Inc., Канада применяются для светотерапии человека (при управлении циркадными ритмами) и построены на базе энергосберегающей лампы Northern Light Technologies с цветовой температурой 3500 К с подавлением УФ в спектре светильника.

В спектре данного источника света преобладают красные и зеленые составляющие. Энергетически преобладает зеленый свет, у которого фотоны имеют большую энергию, чем фотоны красного света [42]. По данным работы [11], при зелено-красном спектре света светильника Northern Light Technologies животные *Trichoplax* с разным содержанием кристаллических клеток вели себя по-разному на вертикальной стенке стеклнного контейнера. Возникает вопрос, что определило поведенческую реакцию *Trichoplax* в этом эксперименте - сила тяжести или спектральный состав света?

В рамках этого вопроса приобретает актуальность высказанная гипотеза о том, что у *Trichoplax* присутствует RGB-таксис. Для экспериментальной проверки гипотезы о наличии RGB-таксиса у *Trichoplax* под руководством руководителя проекта «*Trichoplax* для бионики» д.б.н. Кузнецова А.В. были проведены экспериментальные исследования на базе лаборатории биоразнообразия и функциональной геномики Мирового океана ФИЦ «ИнБЮМ им. А. О. Ковалевского РАН».

Материалы и методы. Исследования проводились на лабораторных животных *Trichoplax* sp. H2. Культивирование животных в лабораторных условиях осуществлялось в закрытых чашках Петри, заполненных фильтрованной морской водой (соленость 35‰, pH 7.6-8.2) в холодильном шкафу (Серийный номер A279251217. Фирма Polair.) В условиях длительного культивирования у животных отсутствовали значительные морфологические изменения [43].

Исследования поведенческой реакции *Trichoplax* выполняли с использованием современных методов оптической микроскопии:

- оптический микроскоп Nikon Eclipse Ts2R-FI;
- оптические микроскопы: Nikon SMZ-1270, Stemi 305;

- оптический микроскоп «Леонардо 3.0» (специально разработанный под проект), позволяющий одновременно наблюдать поведение группы *Trichoplax* и каждого *Trichoplax* этой группы при низком уровне освещенности и стабильной температуре водной среды его обитания. В микроскопе были применены две веб-камеры - верхняя с матрицей 1,9 Мп и нижняя – 5 Мп). Микроскоп был оборудован манипулятором для подачи по оптоволокну световых стимулов. С двух камер изображение выводилось на экран ноутбука HP laptop Model14-dk0028ur, на котором записывались и хранились видеофайлы.

Фиксация поведенческой реакции животных осуществлялась с помощью цифровой камеры INFINITY 3.

Результаты и обсуждение. На первом этапе исследований была применена технология черного ящика, которая заключалась в следующем: стандартных животных по стандартной методике помещали в чашку Петри, фиксировали их положения на видеокамеру, после чего с помощью оптоволокну подавались световые сигналы (532 нм, 630 нм, 395 нм и другие) к местам нахождения животных и осуществлялась видеофиксация их поведения. Исходя из спектра солнечного света, достигающего глубин обитания *Trichoplax*, поляризованных источников света в среде его обитания, клеточного строения кристаллических клеток и перечня генов опсинов были выбраны источники световых стимулов. Обобщенные данные выбора приведены в табл. 1.

Таблица 1

Обобщенные результаты выбора световых стимулов

Характеристика светового стимула	Уровень, глубина, на которой поглощается 99% света, метр (м)	Наличие гена опсина, соответствующего определенной длине волны света	Источники света в среде обитания	Источники света для моделирования
УФ 395 нм	107	RDD38879.1 Violet-sensitive opsin [Trichoplax sp. H2]	Солнечная гелиовертикаль	Профессиональный фонарь геолога
Зеленый	113	RDD36429.1 Green-sensitive opsin [Trichoplax sp. H2]	Свет, отраженный от водорослей	Лазер 532 нм с оптоволоком
Красный	4	Вопрос открыт	Свет от арагонитового панциря моллюска	Лазер 630 - 650 нм
Синий	254	RDD38730.1 Blue-sensitive opsin [Trichoplax sp. H2] RDD42761.1 Blue-sensitive opsin [Trichoplax sp. H2] RDD39212.1 Blue-sensitive opsin [Trichoplax sp. H2]		Светодиодные источники света при 6500 К
Оранжевый и желтый	25 и 51	нет		Лампа накаливания

Для исключения влияния постороннего освещения на проводимый эксперимент был собран оптический микроскоп «Леонардо 3.0» с двумя веб-камерами, которые могут работать с минимальным уровнем освещенности, намного меньшим, чем указанный в работе [11]. Предметный столик микроскопа был обклеен светопоглощающей черной тканью. Данный микроскоп позволил открыть эффект RGB-таксиса у *Trichoplax*. Обобщенные результаты первого опыта приведены в табл. 2.

Таблица 2

Обобщенные результаты испытаний на оптическом микроскопе Леонардо 3.0

Источник света	Экспертная оценка поведенческой реакции <i>Trichoplax</i>	Результаты наблюдения
Лампа накаливания	Форма тела интенсивно изменяется. Интенсивно уходит от источника света	Отрицательный фототаксис
Белый светодиод 6500 К, подсветка столика микроскопа лаб.	Интенсивно убегает на края чашки Петри	Отрицательный фототаксис
Лазерная указка, зеленый лазер 532 нм	Останавливается. На краях пластины наблюдается эффект кленового листа. Заострения линии края.	Фототаксис на остановку движения
Светодиодный фонарь 395 нм	После остановки форма пластинки округлая (круглая), изменяется с малой интенсивностью. Плавно двигается в сторону источника света	Положительный фототаксис
Лазерная указка, красный лазер 630–650 нм	Останавливается, не меняя форму и после непродолжительной остановки медленно уходит от источника света	Отрицательный фототаксис

На основе отработанной методики на оптическом микроскопе «Леонардо 3.0» и для подтверждения повторяемости выявленного RGB-таксиса были проведены работы на оптическом микроскопе в условиях лаборатории при выключенном освещении и затемненных окнах, а поведенческая реакция *Trichoplax* на световые стимулы (зеленый 532 нм и фиолетовый 395 нм) фиксировалась на камеру оптического микроскопа Nikon SMZ-1270, который полностью представлен в фильме *Trichoplax Movement control RGB-taxis* на YouTube.

Обобщенные результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3

Обобщенные результаты циклических испытаний

Испытуемый Trichoplax хранился в стандартных условиях лаборатории, при пересадке в чашку Петри перекрутил тело по типу «восьмерки»			
№ цикла	Длина волны светового стимула	Реакция испытуемого Trichoplax	Время воздействия, секунды
1 цикл	532 нм	Замер и сохранял перекрученную форму	58
	Led 6500 К	Форма восьмерки сохранилась	12
	395 нм	Начал интенсивно двигаться, раскручивая «восьмерку»	60
2 цикл	532 нм	Процесс раскручивания остановлен, Trichoplax замер и на краях пластинки появились зубцы – эффект «кленового листа»	37
	395 нм	Начался активный процесс раскручивания «восьмерки» до полного восстановления формы тела до стандартной. Это произошло на 50-й секунде	50
		Начал активно двигаться в сторону источника света	15
3 цикл	532 нм	Остановил активное движение, на краях пластинки появились зубцы	34
	395 нм	Восстановилась активность движения, края пластинки округлились	82
4 цикл	532 нм	Активность снизилась до остановки, края пластинки заострились	60
	395 нм	Края округлились, активность движения возросла	55
5 цикл	532 нм	Остановился, края пластинки заострились	33
	395 нм	Началось активное движение, края пластинки округлились	100

По результатам серии опытов, проведенных при участии руководителя проекта «Trichoplax бионики» д.б.н. Кузнецова А.В., можно сделать следующие выводы:

1. При воздействии зеленого света (532 нм) останавливается движение Trichoplax, замирает движение клеток в его внутренней структуре.
2. Под воздействием ультрафиолетового света (395 нм) возникают вихревые движения внутренних клеток с последующим изменением формы Trichoplax и началом его

движения в сторону источника ультрафиолетового света, который является преобладающим в световой среде на глубине обитания *Trichoplax*.

3. При воздействии красного света (650 нм) уменьшается скорость движения *Trichoplax*, происходит замирание движения внутренних клеток на время паузы, через некоторое время *Trichoplax* начинает движение от источника красного света. Данные результаты получены при комфортной для *Trichoplax* температуре водной среды.
4. Впервые с помощью световых сигналов проведено управление поведением *Trichoplax* и его клетками, а также доказано наличие у *Trichoplax* RGB-таксиса.
5. Представленный метод может использоваться в гигиенических исследованиях влияния внешних загрязнителей на окружающую среду.

Список литературы:

1. Bernd Schierwater, Rob DeSalle. Placozoa. *Current Biology*. 2018;28(3): 97-98.
2. Брылев В.А., Крючков В.Н., Залепухин В.В. Теоретические аспекты биоразнообразия: Учебное пособие. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2003.
3. Srivastava M. et al. The *Trichoplax* genome and the nature of placozoans. *Nature*. 21 August 2008;454: 955–960.
4. C. Smith et al., Novel Cell Types, Neurosecretory Cells and Body Plan of the Early-Diverging Metazoan, *Trichoplax adhaerens* 2014. *Curr Biol*. 2014;24(14):1565-1572. DOI: 10.1016/j.cub.2014.05.046.
5. Carolyn L. Smith, Natalia Pivovarova, Thomas S. Reese. Coordinated Feeding Behavior in *Trichoplax*, an Animal without Synapses. *PLoS ONE*. 2015;10(9): e0136098. Doi:10.1371/journal.pone.0136098.
6. Moroz L. L. NeuroSystematics and Periodic System of Neurons: Model vs Reference Species at Single-Cell Resolution. *ACS Chemical Neuroscience*. 2018;9:1884–1903. <https://doi.org/10.1021/acscchemneuro.8b00100>.
7. Никитин М. Нейротрансмиттеры и их функции у трихоплакса - животного без нервной системы <https://www.youtube.com/watch?v=OwnA4oFro0w>.
8. Romanova Daria Y., Ivan V. Smirnov Ivan V., et al. Sodium action potentials in placozoa: Insights into behavioral integration and evolution of nerveless animals. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2020. DOI: 10.1016/j.bbrc.2020.08.020.
9. Shahaf Armona, Matthew Storm Bullb, Andres Aranda-Diaza, and Manu Prakasha,c Ultrafast epithelial contractions provide insights into contraction speed limits and tissue integrity *PNAS*. 2018;115(44). Edited by Andrea J. Liu, University of Pennsylvania, Philadelphia, PA, and approved September 11, 2018 (received for review February 19, 2018).
10. Mark Ilton, et al. The principles of cascading power limits in small, fast biological and engineered systems Ilton et al., *Science* 360, eaao1082 (2018) 27 April 2018.
11. Mayorova T.D., et al. Cells containing aragonite crystals mediate responses to gravity in *Trichoplax adhaerens* (Placozoa), an animal lacking neurons and synapses, *PLoS One* 13. 2018. e0190905. 10.1371/journal.pone.0190905 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190905>.
12. Mayorova T. D. et al. A Gravity-Sensing Cell in *Trichoplax adhaerens*, an Early Branching Metazoan.337.04. Conference: Society for Neuroscience 2016, in San Diego.

13. Moroz L.L., Romanova D.Y., Nikitin M.A., Dosung Sohn, Kohn Andrea B. The diversification and lineage-specific expansion of nitric oxide signaling in Placozoa: insights in the evolution of gaseous transmission Emilie Neveu, and Dirk Fasshauer Frederique Varoqueaux в журнале Scientific reports, издательство Nature Publishing Group (United Kingdom). 2020;10:13020-10 DOI.
14. Nikitin M Bioinformatic prediction of Trichoplax adhaerens regulatory peptides General and Comparative Endocrinology, издательство Academic Press (United States). 2014 DOI: 10.1016/j.ygcen.2014.03.049 <https://istina.msu.ru/profile/HellMaus/>.
15. Романова Д.Ю. Разнообразие клеточных типов у гаплотипа H4 PLACOZOA SP. Морской биологический журнал. 2019; 4 (1): 81–90.
16. Серавин Л. Н., Гудков А. В. Trichoplax adhaerens (тип Placozoa) – одно из самых примитивных многоклеточных животных. Санкт-Петербург: ТЕССА. 2005:69.
17. Знакомьтесь: Трихоплас, простейшее животное на Земле <https://scientificrussia.ru/articles/znakomtes-trihoplaks-prostejshee-zhivotnoe-na-zemle>.
18. Andreas Heyland, Roger Croll, Sophie Goodall, Jeff Kranyak, and Russell Wyeth Trichoplax adhaerens, an Enigmatic Basal Metazoan with Potential Trichoplax adhaerens, February. Methods in molecular biology (Clifton, N.J.). 2014;1128:45-61.
19. Никитин М. Нейротрансммиттеры и их функции у трихопласка - животного без нервной системы <https://www.youtube.com/watch?v=OwnA4oFro0w>.
20. Mansi Srivastava. The Trichoplax genome and the nature of placozoans. Nature. 2008;454:955–960.
21. «Невидимая» рыба может осветить путь к лучшим оптическим устройствам <https://ru.livingorganicnews.com/invisible-fish-could-light-way-better-optical-devices-775007>.
22. Characterization of Light Reflection of Fish Guanine Crystals by Diamagnetic Micromanipulation.
23. Nico K Michiels, Nils Anthes, Nathan S Hart, Jürgen Herler, Alfred J Meixner, Frank Schleifenbaum, Gregor Schulte1, Ulrike E Siebeck, Dennis Sprenger and Matthias F Wucherer. Red fluorescence in reef fish: A novel signalling mechanism? BMC Ecology. 2008;8:16 doi:10.1186/1472-6785-8-16.
24. Sönke Johnsen. The Optics Of Life: A Biologist's Guide to Light in Nature "Оптика жизни: руководство биолога по свету в природе" <https://babylonzoology.com/optics/index.html>
25. Очаковский Ю. Е., Копелевич О.В., Войтов В.И. Свет в море <https://coollib.com/b/279274/read>.
26. Eitel M., Osigus H. J., DeSalle R., Schierwater B. Global diversity of the Placozoa. PLoS One. 2013;8(4): e57131. — doi:10.1371/journal.pone.0057131. — PMID 23565136.
27. Wenjie Zhu, a Jiaping Lin,*a Chunhua Caia and Yingqing Lua Biomimetic mineralization of calcium carbonate mediated by a polypeptide-based copolymer.
28. Nicolette Nadene Houreld Shedding Light on a New Treatment for Diabetic Wound Healing: A Review on Phototherapy ScientificWorldJournal. 2014 doi: 10.1155/2014/398412.
29. Чачина Н.А., Кирток А.Н., Фролова М.С., Векшин Н.Л. Митохондрии - силовые электростанции нейронных сетей. Нейроинформатика Сборник статей. Ч.1. М., 2013:219-229.

30. Романова Д. Ю. Сравнительный анализ организации типов клеток и поведения у PLACOZOA. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. 2020:26.
31. Novikov V.E., Levchenkova O.S., Pozhilova E.V. Reviews on Clinical Pharmacology and Drug Therapy Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia. 2016;14(2):38-46.
32. Yeraldith Rojas Pérez and Roberto Etchenique Optical manipulation of animal behavior using a ruthenium-based phototrigger† Photochemical & Photobiological Sciences Issue. 2019;1.
33. Юрре Т.А., Рудая Л.И., Климова Н.В., Шаманин В.В. Органические материалы для фотовольтаических и светоизлучающих устройств. Физика и техника полупроводников. 2003;37(7).
34. Crystallization Pathways in Biomineralization Annual Review of Materials Research. 2011;41:21-40 (Volume publication date August 2011) <https://doi.org/10.1146/annurev-matsci-062910-095803>.
35. Mizukawa, Yuri Characterization of Light Reflection of Fish Guanine Crystals by Diamagnetic Micromanipulation Doctoral Theses. 2016:111.
[https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/en/list/doctoral_thesis/%E5%8D%9A%E5%A3%AB\(%E5%B7%A5%E5%AD%A6\)/p/2/item/40308](https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/en/list/doctoral_thesis/%E5%8D%9A%E5%A3%AB(%E5%B7%A5%E5%AD%A6)/p/2/item/40308).
36. Chikashige T. and Iwasaka M. Magnetically-assembled micro/mesopixels exhibiting light intensity enhancement in the (012) planes of fish guanine crystals AIP Advances 8. 2018. 056704 <https://doi.org/10.1063/1.5006135>.
37. Dvir Gur, Benjamin A. Palmer, Steve Weiner, Lia Addadi Light Manipulation by Guanine Crystals in Organisms: Biogenic Scatterers, Mirrors, Multilayer Reflectors and Photonic Crystals Advanced functional materials. 2017;27 Issue6 February 10, 20171603514.
38. Speiser DI, Eernisse DJ, Johnsen S. A chiton uses aragonite lenses to form images. Curr Biol. 2011; 21: 665–670. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.03.033> PMID: 21497091.
39. Speiser DI, DeMartini DG, Oakley TH. The shell-eyes of the chiton *Acanthopleura granulata* (Mollusca, Polyplacophora) use pheomelanin as a screening pigment. J Nat Hist. 2014;48:2899–2911. <https://doi.org/10.1080/00222933.2014.959572>.
40. Aizenberg J, Tkachenko A, Weiner S, Addadi L, Hendler G. Calcitic microlenses as part of the photoreceptor system in brittlestars. Nature. 2001;412:819–822. <https://doi.org/10.1038/35090573> PMID: 11518966.
41. Ga' I J, Horva'th G, Clarkson ENK, Haiman O. Image formation by bifocal lenses in a trilobite eye? Vision Res. 2000;40:843–853. [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(99\)00216-3](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(99)00216-3) PMID: 10683460.
42. Козлов Д.В. Физическая химия, лекции <https://studfile.net/preview/4482440/>.
43. Разгадать тайны Черного моря: какие работы ведутся в лабораториях ИНБЮМа https://www.youtube.com/watch?v=MEbz9t4eVVA&feature=emb_logo.

References:

1. Bernd Schierwater, Rob DeSalle. Placozoa Current Biology Vol. 28, ISSUE 3, PR97-R98, February 05, 2018

2. Brylev V.A., Kryuchkov V. N., Zalepukhin V.V. Theoretical aspects of biodiversity: textbook. - Volgograd: Vol.SU Publishing House, 2003. - 192.
3. Srivastava M. et al. The Trichoplax genome and the nature of placozoans // Nature. 21 August 2008; 454:955–960.
4. C. Smith, et al. Novel Cell Types, Neurosecretory Cells and Body Plan of the Early-Diverging Metazoan, *Trichoplaxadhaerens* CurrBiol. 2014;24(14):1565-1572.DOI: 10.1016/j.cub.2014.05.046
5. Carolyn L. Smith, Natalia Pivovarova, Thomas S. Reese. Coordinated Feeding Behavior in *Trichoplax*, an Animal without Synapses. PLoS ONE. 2015;10(9). e0136098. Doi:10.1371/journal.pone.0136098.
6. Moroz L. L. Neuro Systematics and Periodic System of Neurons: Model vs Reference Species at Single-Cell Resolution. ACS Chemical Neuroscience. 2018;9:1884–1903. <https://doi.org/10.1021/acscemneuro.8b00100>
7. Nikitin M. Neurotransmitters and their functions in *Trichoplax* - an animal without a nervous system. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=OwnA4oFro0w>
8. Romanova Daria Y., Ivan V. Smirnov , et al. Sodium action potentials in placozoa: Insights into behavioral integration and evolution of nerveless animals // Biochemical and Biophysical Research Communications. 2020. DOI: 10.1016/j.bbrc.2020.08.020
9. Shahaf Armona, Matthew Storm Bullb, Andres Aranda-Diaza, and Manu Prakasha. Ultrafast epithelial contractions provide insights into contraction speed limits and tissue integrity PNAS. 2018;115:44 | Edited by Andrea J. Liu, University of Pennsylvania, Philadelphia, PA, and approved September 11, 2018 (received for review February 19, 2018)
10. Mark Ilton, et al. The principles of cascading power limits in small, fast biological and engineered systems Ilton et al. 2018; 27 April. Science 360, eaao1082
11. Mayorova T.D., et al. Cells containing aragonite crystals mediate responses to gravity in *Trichoplaxadhaerens* (Placozoa), an animal lacking neurons and synapses, PLoS One 13. 2018. e0190905. 10.1371/journal.pone.0190905 Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190905>
12. Mayorova T. D. et al. A Gravity-Sensing Cell in *Trichoplaxadhaerens*, an Early Branching Metazoan.337.04. Conference: Society for Neuroscience 2016, in San Diego
13. Moroz L.L., Romanova D.Y., Nikitin M.A., DosungSohn, Kohn Andrea B. The diversification and lineage-specific expansion of nitric oxide signaling in Placozoa: insights in the evolution of gaseous transmission Emilie Neveu, and Dirk Fasshauer Frederique Varoqueaux in the journal Scientific reports, Nature Publishing Group (United Kingdom) Publishing House. 2013;10:13020-10 DOI
14. Nikitin, M. Bioinformatic prediction of *Trichoplaxadhaerens* regulatory peptides General and Comparative Endocrinology, Publ. house Academic Press (United States). 2014 DOI: 10.1016/j.ygcen.2014.03.049. Available at: <https://istina.msu.ru/profile/HellMaus/>
15. Romanova D.Yu. Diversity of cell types in the H4 PLACOZOA SP. Romanova. Marine Biological Journal. 2019; 4(1):81-90.
16. Seravin L. N., Gudkov A. V. *Trichoplaxadhaerens* (type Placozoa) is one of the most primitive multicellular animals. St. Petersburg: TESSA, 2005:69 .
17. Meet *Trichoplax*, the simplest animal on Earth. Available at: <https://scientificrussia.ru/articles/znakomtes-trihoplaks-prostejshee-zhivotnoe-na-zemle>

18. Andreas Heyland , Roger Croll, Sophie Goodall, Jeff Kranyak, and Russell Wyeth. *Trichoplaxadhaerens, an Enigmatic Basal Metazoan with Potential Trichoplaxadhaerens. Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*. 2014;1128:45-61
19. Nikitin M. Neurotransmitters and their functions in Trichoplax - an animal without a nervous system. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=OwnA4oFro0w>
20. Mansi Srivastava. The Trichoplax genome and the nature of placozoans. 2008;454:955–960.
21. "Invisible" fish can light the way to better optical devices. Available at: <https://ru.livingorganicnews.com/invisible-fish-could-light-way-better-optical-devices-775007>
22. Characterization of Light Reflection of Fish Guanine Crystals by Diamagnetic Micromanipulation.
23. Nico K Michiels, Nils Anthes, Nathan S Hart, Jürgen Herler, Alfred J Meixner, Frank Schleifenbaum, Gregor Schulte1, Ulrike E Siebeck, Dennis Sprenger and Matthias F Wucherer. Red fluorescence in reef fish: A novel signalling mechanism? *BMC Ecology* 2008;8:16 doi:10.1186/1472-6785-8-16
24. Sönke Johnsen *The Optics of Life: A Biologist's Guide to Light in Nature* "The Optics of Life: A Biologist's Guide to Light in Nature". Available at: <https://babylonzoo.blog/optics/index.html>
25. Ochakovsky Yu. E., Kopelevich O.V., Voitov V.I. Light at sea. Available at: <https://coollib.com/b/279274/read>
26. Eitel M., Osigus H. J., DeSalle R., Schierwater B. Global diversity of the Placozoa // *PLoSOne*. 2013;8(4):57131. — doi:10.1371/journal.pone.0057131. — PMID 23565136.
27. Wenjie Zhu, Jiaping Lin,*a Chunhua Caia and Yingqing Lua Biomimetic mineralization of calcium carbonate mediated by a polypeptide-based copolymer
28. Nicolette Nadene Houreld. Shedding Light on a New Treatment for Diabetic Wound Healing: A Review on Phototherapy. *Scientific World Journal* . 2014 doi: 10.1155/2014/398412.
29. Chachina N.A., Kirtok A.N., Frolova M.S., Vekshin N.L. Mitochondria - Power Plants of Neural Networks // *Neuroinformatic , Moscow Collection of scientific papers: Part 1*. 2013:219-229
30. Romanova D. Yu. Comparative analysis of the organization of cell types and behavior in PLACOZOA. Abstract of PhD thesis (Biology). 2020:26
31. Novikov V.E., Levchenkova O.S., Pozhilova E.V. Reviews on Clinical Pharmacology and Drug Therapy. Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia. 2016;14(2):38-46
32. Yeraldith Rojas Péreza and Roberto Etchenique Optical manipulation of animal behavior using a ruthenium-based phototrigger† *Photochemical & Photobiologica I Sciences Issue 1*. 2019.
33. Yurre T.A., Rudaya L.I., Klimova N.V., Shamanin V.V. Organic materials for photovoltaic and light-emitting devices *Physics and technology of semiconductors*. 2003;37(7).
34. Crystallization Pathways in Biomineralization. *Annual Review of Materials Research*. 2011;41:21-40. Available at: <https://doi.org/10.1146/annurev-matsci-062910-095803>
35. Mizukawa, Yuri. Characterization of Light Reflection of Fish Guanine Crystals by Diamagnetic Micromanipulation Doctoral Theses. 2016:111. Available at: [https://ir.lib.hiroshimau.ac.jp/en/list/doctoral_thesis/%E5%8D%9A%E5%A3%AB\(%E5%B7%A5%E5%AD%A6\)/p/2/item/40308](https://ir.lib.hiroshimau.ac.jp/en/list/doctoral_thesis/%E5%8D%9A%E5%A3%AB(%E5%B7%A5%E5%AD%A6)/p/2/item/40308)

36. Chikashige T. and Iwasaka M. Magnetically-assembled micro/mesopixels exhibiting light intensity enhancement in the (012) planes of fish guanine crystals AIP Advances 8. 2018. 056704. Available at: <https://doi.org/10.1063/1.5006135>
37. DvirGur , Benjamin A. Palmer, Steve Weiner , Lia Addadi. Light Manipulation by Guanine Crystals in Organisms: Biogenic Scatterers, Mirrors, Multilayer Reflectors and Photonic Crystals. Advanced functional materials. 2017;27(6). 20171603514
38. Speiser D.I., Eernisse D.J., Johnsen S. A chiton uses aragonite lenses to form images. Curr Biol. 2011; 21: 665–670. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.03.033> PMID: 21497091
39. Speiser DI, DeMartini DG, Oakley TH. The shell-eyes of the chiton *Acanthopleuragranulata* (Mollusca, Polyplacophora) use pheomelanin as a screening pigment. J Nat Hist. 2014;48: 2899–2911. Available at: <https://doi.org/10.1080/00222933.2014.959572>
40. Aizenberg J, Tkachenko A, Weiner S, Addadi L, Hendler G. Calcitic microlenses as part of the photoreceptor system in brittle stars. Nature. 2001;412:819–822. Available at: <https://doi.org/10.1038/35090573> PMID: 11518966
41. Ga'1 J, Horva'th G, Clarkson ENK, Haiman O. Image formation by bifocal lenses in a trilobite eye? Vision Res. 2000;40:843–853. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0042-6989\(99\)00216-3](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(99)00216-3) PMID: 10683460
42. Kozlov D.V. Physical chemistry, lectures. Available at: <https://studfile.net/preview/4482440/>
43. Solve the secrets of the Black Sea. What work is being done in the laboratories of In BYu. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=MEbz9t4eVVA> & feature = emb_logo

Поступила/Received: 09.03.2021.

Принята в печать/Accepted:10.03.2021.

УДК 314(470.57)

ДИНАМИКА МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН В 1990-2019 ГГ.

Аскарлов Р.А.¹, Аскарова З.Ф.², Бакиров Б.А.², Франц М.В.³, Утяшева И.Б.⁴

¹ФГБОУ ВО Российский государственный геологоразведочный университет
им. С. Орджоникидзе, Москва, Россия

²ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России,
Уфа, Россия

³ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия

⁴Башкортостанстат, Уфа, Россия

Цель исследования — оценка демографической ситуации и тенденций ее развития в Республике Башкортостан (РБ) для дальнейшей разработки мероприятий по охране здоровья населения.

Материал и методы. Использованы материалы Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по РБ: о распределении умерших по полу, возрастным группам и причинам смерти (таблица С51); сборники «Демографические процессы в РБ»; возрастной состав населения РБ; Росстата. Для устранения различий в возрастном составе населения сравнительный анализ смертности по причинам использован метод прямой стандартизации с использованием европейского стандарта возрастной структуры населения.

Результаты. Установлено, что общая численность населения РБ имеет тенденцию к снижению за счет естественной убыли населения и снижения миграционного компонента. Возрастная структура населения характеризовалась ростом численности лиц старше трудоспособного, снижением количества лиц моложе трудоспособного возраста. Наблюдается спад рождаемости, которая в 2019 г. составила 10,3%. Динамика показателей ожидаемой продолжительности жизни при рождении (ОПЖ) в республике в целом сопоставима с общероссийскими, т.е. прослеживается положительная динамика, однако сохраняется существенный разрыв в продолжительности жизни мужчин и женщин. Смертность от всех причин смерти и младенческая смертность имеет тенденцию к снижению. Структура причин смерти определяется болезнями системы кровообращения, новообразованиями, внешними причинами. В динамике наблюдается рост «грубых» показателей смертности как у мужчин, так и у женщин от новообразований; у мужчин – от болезней органов дыхания; «грубых» и стандартизованных показателей смертности от болезней органов пищеварения; значительный рост смертности от некоторых инфекционных и паразитарных болезней как у мужчин, так и у женщин. Стандартизованный показатель смертности от болезней органов дыхания как у мужчин, так и у женщин, значимо выше среднероссийских.

Выводы. На ближайшую перспективу в реализации «Концепции демографической политики РБ на период до 2025 года» основным направлением должно быть решение проблем государственной социальной политики по выходу РБ из затянувшегося медико-демографического кризиса.

Ключевые слова: демографическая ситуация, численность, рождаемость, младенческая смертность, стандартизованные коэффициенты смертности.

Для цитирования: 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

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для корреспонденции: Аскарлова Загира Фатхулловна, д.м.н., профессор кафедры госпитальной терапии №2 ФГБОУ ВО Башкирского государственного медицинского университета, e-mail: zagira_a@mail.ru.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10102>

DYNAMICS OF THE MEDICAL AND DEMOGRAPHIC SITUATION IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN IN THE PERIOD 1990-2019

¹R.A Askarov, ²Z.F. Askarova, ²B.A. Bakirov, ³M.V. Franz, ⁴I.B. Utyasheva

¹FGBOU VO Russian State Geological Prospecting University. S. Ordzhonikidze, Moscow, Russia;

² Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry, Ufa, Russia;

³FGBOU VO Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia;

⁴Bashkortostanstat, Ufa, Russia

The study aims at assessing demographic situation in the Republic of Bashkortostan (RB) in order to develop measures for public health protection. Material and methods. The study is based on the data provided by the Territorial Body of the Federal State Statistics Service of the Republic of Bashkortostan including the distribution of deaths by sex, age groups and causes of death (table C51); publications: "Demographic processes in the Republic of Bashkortostan"; age structure of the population of the Republic of Bashkortostan; Federal State Statistics Service of Russian Federation. To eliminate the differences in the population age structure, a comparative analysis was performed using standardized indicators based on the European standard of population age. Results. Total population of the Republic of Bashkortostan tends to decrease due to natural population decline and a decrease in the migration component. The share of people over the working age is growing while the share of those under working age tends to decrease. There is a decline in the birth rate, which in 2019 amounted to 10.3%. The dynamics of life expectancy at birth (LE) in the Republic of Bashkortostan is similar to its dynamics in Russian Federation, a significant gap remains in the life expectancy of men and women. Total mortality and infant mortality are on a downward trend. The structure of the causes of death is determined by the cardiovascular system diseases, neoplasms and external causes. There is an increase in "rough" mortality rates for both men and women from neoplasms; in men - from respiratory diseases; "Rough" and standardized death rates from diseases of the digestive system; a significant increase in mortality from certain infectious and parasitic diseases in both men and women. The standardized mortality rate from respiratory diseases in both men and women is significantly higher than the national average. Conclusions. In the near future, in order to implement the "Concept of the demographic policy of the Republic of Bashkortostan for the period up to 2025", the main direction should be the solution of the

problems of state social policy for the way out of the Republic of Bashkortostan from the protracted medical and demographic crisis.

Key words: *demographic situation, fertility, mortality, standardized mortality rates*

Citation: *Askarov R.A., Askarova Z.F., Bakirov B.A., Frants M.V., Utyasheva I.B. Dynamics of the medical and demographic situation in the Republic of Bashkortostan between 1990 and 2019. Occupational health and human ecology. 2021: 1:23-34*

Correspondence: *Zagira F. Askarova - DSc. (Medicine), Professor at the Department of Hospital Therapy No. 2, Bashkirian State Medical University - e-mailzagira_a@mail.ru*

Financing: *The study had no financial support.*

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10102>

В последние годы проблемы демографической ситуации вышли на первый план в социально-экономическом развитии России, так как в настоящее время ухудшение основных демографических характеристик населения Российской Федерации (РФ) является очевидным фактом. Они проявляются в низкой продолжительности жизни, высокой смертности населения (прежде всего трудоспособного возраста), низком уровне рождаемости и старении населения [1]. Чтобы сохранить на должном уровне тот или иной показатель здоровья, необходимо знание динамики таких основных демографических показателей, как ожидаемая продолжительность жизни, смертность от основных причин, младенческая смертность, так как они в значительной степени отражают не только качество системы здравоохранения, но и те глубинные социально-экономические процессы, которые происходят в российском обществе [2].

В соответствии с утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации (РФ) от 17.11.08 №1662-р «Концепцией долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 года», одним из наиболее приоритетных направлений государственной демографической политики является снижение темпов естественной убыли населения, в том числе снижение смертности населения [3]. Естественное движение населения характеризуют такие показатели, как уровень рождаемости, смертности, естественного прироста, средняя продолжительность жизни людей. Соотношение этих величин отражает режим воспроизводства (естественного движения населения). По данным Росстата, в Российской Федерации в первой декаде 2019 года только 3 региона из 85 показали увеличение темпа рождаемости – Москва, Магаданская область и Республика Карачаево-Черкессия.

В Республике Башкортостан сложились общероссийские тенденции развития демографических процессов. Адекватная количественная характеристика демографических процессов в РБ имеет важное практическое значение не только для органов местного управления, но и для органов государственной власти, поскольку для обеспечения устойчивого естественного роста численности населения, повышения ожидаемой продолжительности жизни при рождении (ОПЖ), обозначенной в Указе Президента РФ [4], необходимо иметь реальное представление о демографической ситуации и на ее отдельных территориях. Цель исследования - оценка демографической ситуации и тенденций ее развития в Республике Башкортостан (за 1990-2019 гг.) для дальнейшей разработки мероприятий по охране здоровья населения.

Материал и методы. Проведен ретроспективный анализ демографической ситуации в Республике Башкортостан за 1990-2019 гг. в сравнении с аналогичными показателями по Российской Федерации (РФ). Для устранения влияния различий в возрастном составе населения сравнительный анализ смертности по причинам смерти проводился с применением прямого метода стандартизации с использованием европейского стандарта возрастной структуры населения. В качестве информационной базы использовались официальные статистические материалы Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по РБ за 1990-2019 гг. о численности населения, распределении умерших по полу, возрастным группам и причинам смерти (таблица С51); сборники «Демографические процессы в РБ»; возрастной состав населения РБ; Росстата.

Результаты. На 1 января 2020 г. по численности постоянного населения РБ занимала 7-е место среди субъектов РФ, 1-е - в Приволжском федеральном округе (ПФО), в ней насчитывался 4 038 151 человек (из них мужчин 46,9%, женщин 53,1%), 37,8% - сельские жители. Росту численности населения в 1990-2000 гг. (на 4,5%) способствовало сокращение естественной убыли населения до 1992 г. и положительное сальдо миграции в 1990-2003 гг. Небольшой рост численности населения с 2009 по 2016 гг. наблюдался за счет сокращения естественной убыли населения и вклада миграционного компонента в 2007-2010 гг. (17971 человек). Далее естественная убыль населения и снижение миграционного прироста стали определяющими компонентами снижения численности населения республики с 2017 г. (рис. 1).

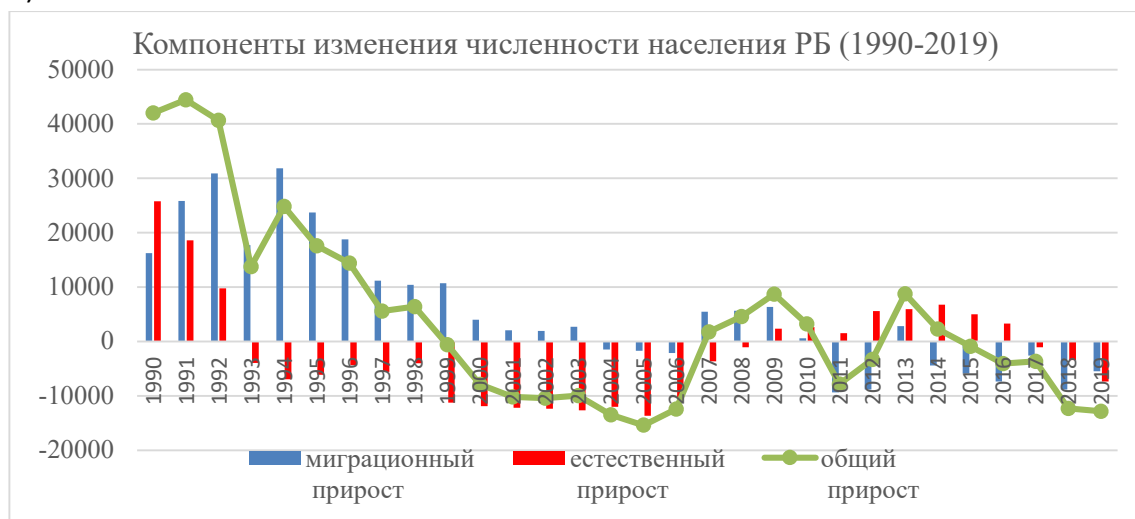


Рис. 1. Динамика компонент изменения численности населения Республики Башкортостан (человек; 1990-2019)

За период с 1990 по 2019 гг. наблюдалось изменение возрастной структуры населения, что характеризовалось ростом удельного веса лиц старше трудоспособного возраста (мужчины 60 лет и старше, женщины 55 лет и старше) (с 18,2 до 25,2%), снижением числа лиц моложе трудоспособного возраста (с 26,8 до 20,4%). Лица трудоспособного возраста на 1 января 2020 г. составили 54,3%, 65 лет и старше - 14,0% в общей численности населения, т.е. согласно международным критериям население является старым. Показатель демографической нагрузки к началу 2019 г. составил 820 человек на 1000 лиц трудоспособного возраста (на начало 1990 г. соответственно 805), в т.ч. нагрузка детьми

снизилась до 372 (в 1990 г. - 485), людьми старше трудоспособного возраста увеличилась до 448 (в 1990 г. - 320).

Рождаемость определяет долгосрочную динамику населения. Самое большое число родившихся за анализируемый период отмечено в 1987 г. (81950 детей); своего наименьшего значения рождаемость достигла, как и по РФ (8,3‰), в 1999 г. (10‰) (41368 детей). Далее при снижении рождаемости наблюдался рост смертности с 1993 г. по 2008 г., убыль населения составила 132 127 человек. С 2006 по 2014 гг. был отмечен некоторый рост рождаемости (до 14,8‰). Затем с 2014 г. наблюдается спад рождаемости, которая в 2019 г. составила 10,3‰ (рис. 2). При сравнительном анализе рождаемости в городской (12,8±0,5‰) и сельской (13,2±0,4‰) местностях значимых различий не выявлено ($t=1,08$). Общий коэффициент рождаемости по среднемуголетним данным в РБ несколько выше, чем по РФ ($t=11,7$), однако по уровню рождаемости среди субъектов РФ в 2018 г. РБ занимала только 25-е место (рис. 2).

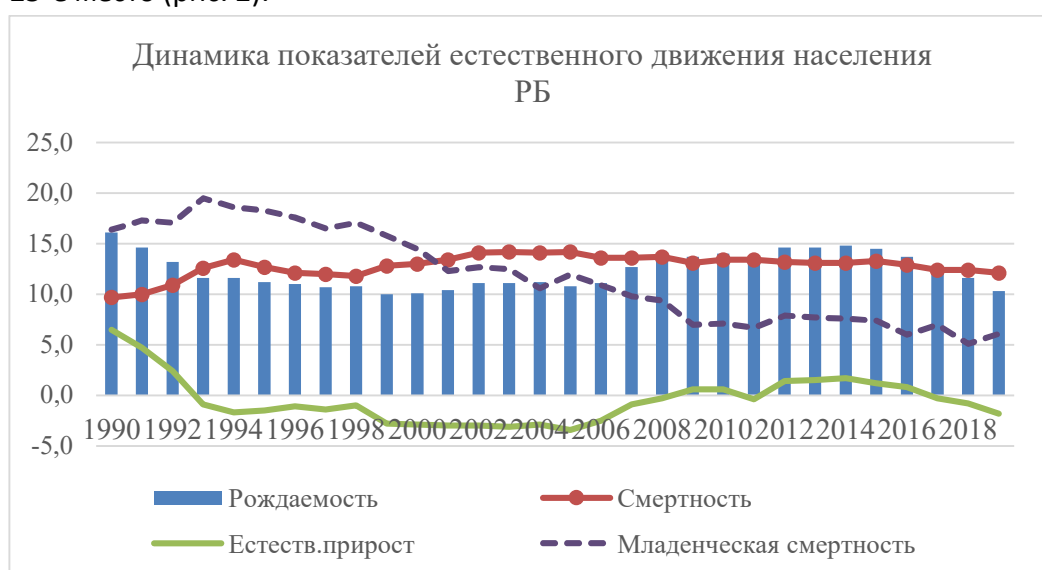


Рис.2. Динамика показателей естественного движения населения Республики Башкортостан (на 1000 человек)

Младенческая смертность (МС) является интегральным показателем не только здоровья населения, но и уровня развития общества (социально-экономического, политического, демографического) и характеризует доступность и качество медицинской помощи [5]. В динамике за 1990-2019 гг. отмечается снижение уровня МС (на 62,8%), которая колебалась в пределах 19,5 на 1000 родившихся живыми (в 1993 г.) - 5,1‰ (в 2018 г.), устойчивое снижение наблюдается с 2006 г. (10,9‰). При сравнительном анализе с аналогичными среднероссийскими показателями значимых различий не выявлено ($t=1,5$).

Немаловажным фактором естественного движения населения являются браки и разводы. Браки оказывают прямое воздействие на рождаемость населения. В 2019 г. в РБ зарегистрировано 25060 браков и 15399 актов записей о разводах. Общий коэффициент брачности в расчете на 1000 жителей в 2019 г. составил – 6,2, коэффициент разводимости – 3,8 (соответственно по ПФО 6,0 и 3,9‰; РФ 6,5 и 4,2‰) и на 1000 браков приходится 614 разводов (по РФ 653), в динамике наблюдается тенденция снижения браков и разводов.

Принятая в нашей стране «Концепция демографической политики РФ на период до 2025 года» предусматривает значительно увеличить среднюю ожидаемую

продолжительность жизни населения [6]. Продолжительность жизни населения является показателем, который интегрирует влияние многих социально-экономических факторов на здоровье людей. По данным Росстата, самый высокий показатель ожидаемой продолжительности жизни при рождении (ОПЖ) для лиц обоего пола в РБ зарегистрирован в 1990 г., он составлял 70,5 лет (для мужчин с 65,2, для женщин с 75,2 лет). Значительное снижение ОПЖ на 5,19 года (с 70,53 до 65,34 лет) в период с 1991 по 1994 гг. вызван социально-экономической катастрофой, связанной с распадом СССР и последующими экономическими реформами, в результате которых произошло и повышение уровня смертности (с 9,7 в 1990 г. до 13,4‰ в 1994 г.). С 1994 по 1998 гг. наблюдался рост ОПЖ с 65,34 до 67,88 лет, что связано с некоторым улучшением социально-экономической обстановки и снижением уровня смертности (с 13,4 до 11,8‰). Далее величина ОПЖ вновь снизилась и достигла уровня 1998 г. лишь в 2007 г.

В период с 2007 по 2016 гг. величина ОПЖ увеличилась на 3,1 года (с 67,88 до 71,0) и практически достигла уровня 1990 г. Разница между городским (73,49 лет) и сельским (71,1 года) населением в ожидаемой продолжительности жизни при рождении в 2019 г. составила 2,39 лет (у мужчин - 2,12, у женщин - 1,36 лет), что показывает более неблагоприятный характер демографических процессов в сельских районах. Динамика показателей ОПЖ в республике в целом сопоставима с общероссийскими, т.е. прослеживается положительная динамика, однако отстает по ОПЖ от России, заняв в 2018 г. среди субъектов РФ 42-е место.

Средний возраст жителей республики составляет 39,21 лет (у мужчин 36,75 лет, у женщин - 41,38 лет (РФ – 40,2; у мужчин – 37,26, у женщин – 42,41).

Наряду с рождаемостью смертность формирует естественное движение населения территории и определяет тип его воспроизводства. Анализируя смертность населения республики по возрастным группам за 2019 г. можно отметить, что практически более половины всех умерших (в целом 52,6%) (в т.ч. мужчин 36,7%, женщин 69,8%) составляют лица в возрасте 70 лет и старше; 23% – в трудоспособном возрасте (мужчин – 35,2, женщин – 9,7%) и 0,9% населения умирают в возрасте 0-14 лет.

В рассматриваемый период, с 1990 по 2019 гг., имел место рост смертности в 1990-1994 гг., когда число случаев смерти выросло с 992,8 до 1509,1 на 100 тыс. человек. Далее наметилось некоторое снижение, однако с 2003 г. смертность населения РБ вновь начала увеличиваться с незначительными колебаниями - с 1648,7 в 2003 г. и до 1569,7‰ в 2008 г. С 2009 г. намечается тенденция к снижению уровня смертности, в основном за счет снижения смертности от внешних причин и болезней системы кровообращения. В целом «грубый» показатель общей смертности населения РБ в 2019 г. составил 1216,3 против 968,1‰ в 1990 г. В динамике за 1990-2019 гг. данный показатель среди мужчин увеличился на 36,2% (с 993,8 до 1351,8‰), среди женщин – на 15,9% (с 946,4 до 1096,6‰), что в значительной мере определено неблагоприятным направлением демографических процессов, обусловившим «постарение» населения, как и в популяции России. В 2019 г. по сравнению с 1990 г. в наибольшей степени вырос уровень общей смертности среди мужчин в возрастных интервалах 30-34 (на 3,4%), 35-39 (на 25,6%), 40-44 (на 19,9%), 45-49 (на 12,4%), 50-54 года (на 1,5%). Среди женщин рост общей смертности наблюдался в возрастных интервалах 25-26 (на 9,2%), 30-34 (на 35,6%), 35-39 (на 64,1%), 40-44 (на 34,4%), 45-49 лет (на 4,4%).

Показатель смертности сельского населения за период наблюдения вырос на 23,7%, городского – на 26,4%, при этом общий уровень смертности сельского населения значительно превышает ($t=32,6$) аналогичные показатели городского населения (рис. 3). В 2019 г. стандартизованный показатель общей смертности (СПС) среди мужчин составил 1541,8‰, за анализируемый период он снизился на 6,0%, среди женщин – 747,2‰, что ниже уровня 1990 г. на 10,7%. Динамика снижения СКС у мужчин и женщин была сходной, уровень СКС у мужчин в 2,3 раза выше, чем у женщин (рис. 3).

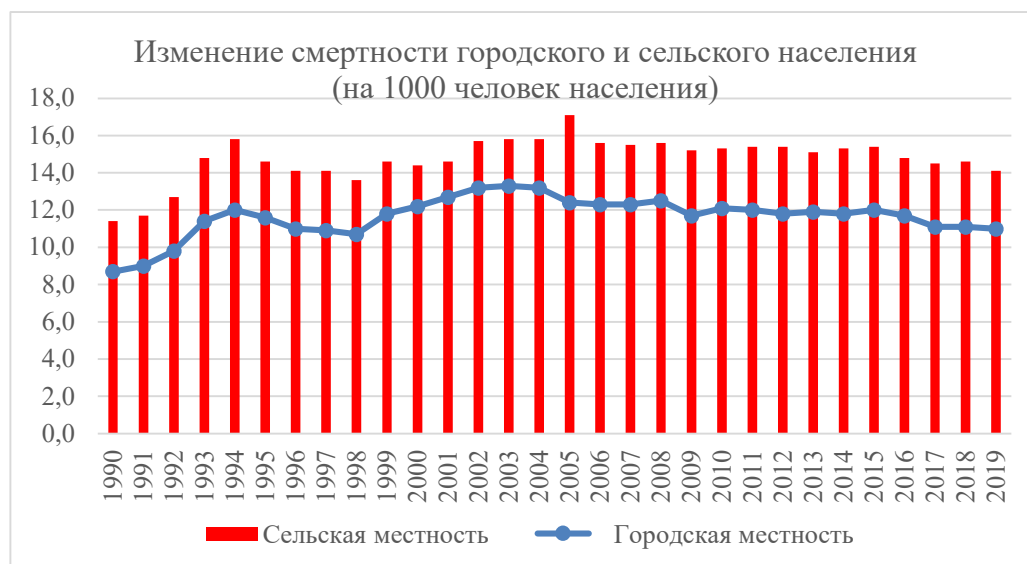


Рис.3. Динамика смертности городского и сельского населения (на 1000 человек; 1990-2019 гг.)

За период с 1990 по 2018 гг. по РФ стандартизованный показатель общей смертности среди мужчин снизился на 18,9%, среди женщин – на 21,9%. Стандартизованные показатели общей смертности как у мужчин ($t=4,7$), так и у женщин ($t=2,1$) республики ниже аналогичных среднероссийских (рис. 4). Среди основных классов причин общей смертности в РБ, как и в РФ, лидирующей остается доля умерших от болезней системы кровообращения (БСК), которая составляет 50,3% от всех смертей (среднее за 1990-2019 гг.) (рис. 4).

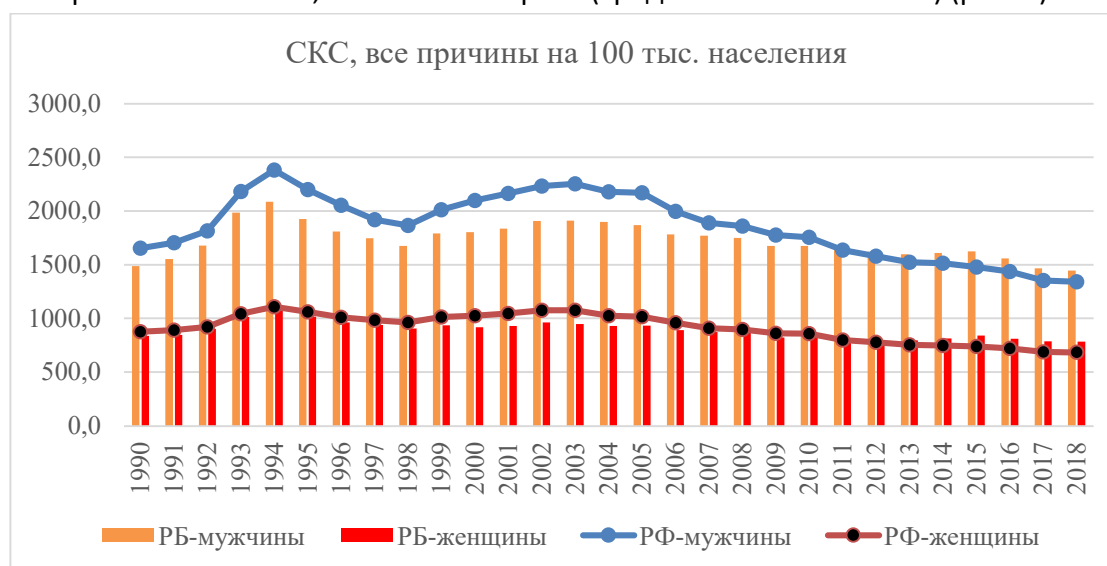


Рис. 4. Динамика стандартизованных показателей общей смертности населения Республики Башкортостан и Российской Федерации (на 100 тыс. населения; 1990-2019 гг.)

Травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин в 1992-2014 гг. занимали 2-е место, с 2014 г. - переместились на третье ранговое место после БСК и новообразований. В структуре смертности населения в 2019 г. основными причинами являлись БСК (42,0%), новообразования (14,8%), внешние причины (8,3%), неточно обозначенные состояния (8,1%), болезни органов дыхания (6,1%), болезни органов пищеварения и эндокринной системы (по 5,2%), болезни нервной системы (4,7%). Смертность от некоторых инфекционных и паразитарных болезней составила 1,8%.

Как свидетельствуют результаты проведенного анализа, в динамике произошло снижение уровня смертности от БСК. «Грубый» показатель смертности от БСК в 2019 г. среди мужчин составил 548,4‰ против 405,7‰ в 1990 г., соответственно среди женщин – 478,4‰ против 587,1‰. При этом стандартизованный показатель смертности среди мужчин снизился на 20,2% (с 705,8 до 563,5‰), среди женщин – на 37,9% (с 503,1 до 312,6‰), и показатель смертности среди мужчин в 1,6 раза выше, чем у женщин. Анализ возрастной структуры смертности от БСК в период с 1990 по 2019 гг. показывает рост смертности в трудоспособных возрастах (среди мужчин – на 36,3%, среди женщин – на 21,9%). Стандартизованные показатели смертности от БСК как у мужчин ($t=8,9$), так и у женщин ($t=8,1$) республики ниже аналогичных среднероссийских.

«Грубый» показатель смертности от новообразований в 2019 г. среди мужчин составил 220,0‰ против 179,4‰ в 1990 г., соответственно среди женщин – 145,0‰ против 120,8‰. Стандартизованный показатель смертности среди мужчин за анализируемый период снизился на 17,2% (с 263,5 до 218,2‰), среди женщин – на 8,9% (с 115,0 до 104,8‰), при этом показатель смертности среди мужчин в 2,1 раза выше, чем у женщин. Анализ возрастной структуры смертности от новообразований в период с 1990 по 2019 гг. показывает увеличение смертности среди мужчин в возрасте до 1 года (на 64,7%), 70 лет и старше (на 7,2%); среди женщин в возрастной группе 35-39 лет (на 21,8%), 70 лет и старше (на 17,3%). Стандартизованные показатели смертности от новообразований как у мужчин, так и у женщин республики ниже аналогичных среднероссийских (рис. 5).

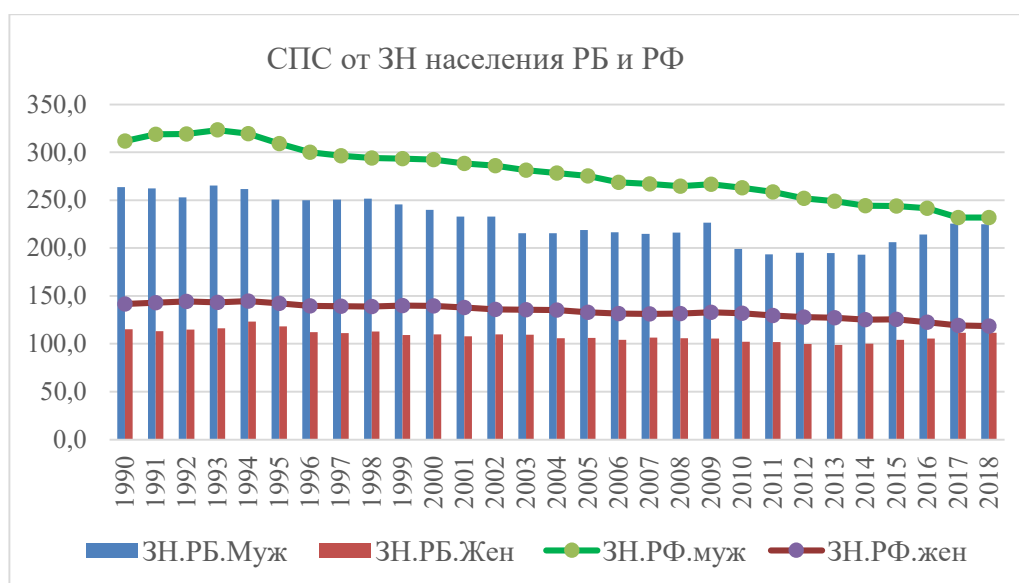


Рис. 5. Динамика стандартизованных показателей смертности от новообразований населения Республики Башкортостан и Российской Федерации (на 100 тыс. населения; 1990-2019 гг.)

В формировании высокого уровня смертности особое значение имеют травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин, что следует расценивать как неблагоприятную и ненормальную тенденцию. Несмотря на некоторое снижение, число умерших от внешних причин остается достаточно высоким, они являются причиной смерти населения трудоспособного возраста в 68,4% случаев. «Грубый» показатель смертности от внешних причин в 2019 г. среди мужчин составил 169,1‰ против 200,2‰ в 1990 г., соответственно среди женщин – 40,4‰ против 54,2‰, при этом смертность среди мужчин в 4,7 раза выше, чем среди женщин. Стандартизованный показатель смертности среди мужчин за анализируемый период снизился на 22,3% (с 211,0 до 163,9‰), среди женщин – на 34,0 (с 53,4 до 35,2‰). При сравнении стандартизованных коэффициентов смертности от внешних причин у мужчин республики статистически значимых различий с показателями РФ не выявлено ($t=0.69$), у женщин - ниже аналогичных среднероссийских ($t=4.4$).

В структуре общей смертности в 2019 г. болезни органов дыхания (БОД) у мужчин занимают 4-е (8,3%), у женщин – седьмое место (3,8%). В динамике у женщин произошло снижение как общих (с 53,3 до 42,0‰), так и стандартизованных показателей (с 46,5 до 29,3‰) смертности от данного класса болезней. У мужчин «грубый» показатель смертности от БОД за анализируемый период вырос на 31,9% (с 84,9 до 111,9%), стандартизованный показатель снизился на 15,3% (с 138,7 до 117,4‰). Рост смертности от БОД как у мужчин (на 33,8%), так и у женщин (на 52,6%) наблюдался в трудоспособном возрасте. Стандартизованный показатель смертности от БОД среди мужчин в 3,9 раза выше, чем среди женщин; как у мужчин, так и у женщин СПС от БОД значимо выше среднероссийских.

По сравнению с 1990 г. в 2019 г. «грубый» показатель смертности от болезней органов пищеварения вырос в 2,6 раза и составил в целом 62,8‰. Стандартизованные показатели смертности от болезней органов пищеварения как у мужчин ($t=8,1$), так и у женщин ($t=7,8$) ниже аналогичных среднероссийских.

В структуре общей смертности населения РБ некоторые инфекционные и паразитарные болезни в 2019 г. определяют 1,8% всех случаев смерти и являются причиной смерти населения трудоспособного возраста в 74,2% случаев. При анализе многолетней динамики смертности от инфекционных и паразитарных заболеваний выявлено, что за 1990-2019 гг. «грубый» показатель смертности в среднем составлял 16,7 случаев на 100 000 человек. В динамике как у мужчин (с 17,3 до 33,4‰), так и у женщин (с 5,4 до 12,5‰) выявлено увеличение общих показателей смертности по данному классу, что является показателем сохранения социально-экономического неблагополучия отдельных групп населения и необходимости радикальных изменений в системе социальной профилактики смертности населения. Стандартизованные показатели смертности у женщин увеличились с 5,5 до 12,1‰, у мужчин - с 20,1 до 31,8‰, смертность среди мужчин в 3,8 раза выше, чем у женщин, при этом как у мужчин ($t=7,8$), так и у женщин ($t=5,6$) уровень смертности ниже среднероссийских.

Обсуждение результатов. Проведенный анализ по материалам Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по РБ показал тенденцию к росту численности населения с 1990 по 2000 г. за счет сокращения естественной убыли населения до 1992 г. и положительного сальдо миграции в 1990-2003 гг. Однако естественная убыль

населения и снижение миграционного прироста стали определяющими компонентами снижения численности населения республики с 2017 г. За период наблюдения отмечалось изменение возрастной структуры населения, что характеризовалось ростом удельного веса лиц старше трудоспособного возраста (с 18,2 до 25,2%), снижением числа лиц моложе трудоспособного возраста (с 26,8 до 20,4%). Лица в возрасте 65 лет и старше составляют 14,0%, т.е. согласно международным критериям население республики является старым.

В период с 1990 г. снижение рождаемости сопровождалось ростом смертности до 2008 г. С 2006 по 2014 гг. был отмечен некоторый рост рождаемости, а с 2014 г. наблюдается спад рождаемости, которая в 2019 г. составила 10,3‰ и имеет такую же величину, что и в 1999 г. С 2009 г. смертность от всех причин смерти и младенческая смертность имеют тенденцию к снижению. Наметилась тенденция к снижению уровня смертности от болезней системы кровообращения, внешних причин, однако при сравнении стандартизованных коэффициентов смертности от внешних причин у мужчин республики статистически значимых различий с показателями РФ не выявлено, у женщин - ниже аналогичных среднероссийских. Наблюдается рост «грубых» показателей смертности как у мужчин, так и женщин от новообразований; у мужчин – от болезней органов дыхания; «грубых» и стандартизованных показателей смертности от болезней органов пищеварения. Зарегистрирован значительный рост смертности от некоторых инфекционных и паразитарных болезней как у мужчин, так и у женщин, что является показателем сохранения социально-экономического неблагополучия отдельных групп населения и необходимости радикальных изменений в системе социальной профилактики смертности населения.

Для населения республики характерна более высокая смертность от болезней органов дыхания, где стандартизованные показатели как у мужчин, так и у женщин значимо превышают среднероссийские. Общий уровень смертности сельского населения значимо превышает аналогичные показатели городского населения, для сельского населения проблемой остается уровень развития и доступность медицинской помощи.

Динамика показателей ОПЖ в республике в целом сопоставима с общероссийскими, т.е. прослеживается положительная динамика, однако сохраняется существенный разрыв в продолжительности жизни мужчин и женщин. Как известно, женщины чаще обращаются за медицинской помощью, что сказывается на состоянии здоровья. При этом показатель ОПЖ сельских жителей ниже аналогичного показателя городского населения, что показывает более неблагоприятный характер демографических процессов в сельских районах.

Заключение. На ближайшую перспективу в реализации «Концепции демографической политики РБ на период до 2025 года» основным направлением должно быть решение проблем государственной социальной политики по выходу РБ из затянувшегося медико-демографического кризиса [7].

Список литературы:

1. Римашевская Н. М., Мигранова Л.А., Молчанова Е.В. Факторы, влияющие на состояние здоровья населения России. Народонаселение. 2011; № 1 (51): 038-049.
2. Ревич Б.А., Харькова Т.Л., Кваша Е.А. Оптика медико-демографических процессов в контексте устойчивого развития арктического макрорегиона (на примере Архангельской области). Демографическое обозрение. 2019; №2 (6): 165-196.

3. Распоряжение Правительства РФ от 17.11.08 №1662-р (ред. от 28.09.18) «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года». http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82134. (дата обращения: 15.12.2020).
4. Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. N 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» <https://base.garant.ru/71937200/> (дата обращения: 15.12.2020).
5. Стародубов В.И. Вопросы статистического учета и мониторинг младенческой смертности. Москва, 2011.
6. Указ Президента РФ от 9 октября 2007 г. N 1351 «Об утверждении Концепции демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года» (с изменениями и дополнениями) <https://base.garant.ru/191961/> (дата обращения: 15.12.2020).
7. Концепция демографической политики Республики Башкортостан на период до 2025 года. Указ Президента РБ от 14.07.2008 № УП-333. <https://mintrud.bashkortostan.ru/documents/active/251201/> (дата обращения: 15.12.2020).

References:

1. Rimashevskaya N.M., Migranova L.A. Molchanova E.V. Factors affecting the state of health of the population of Russia. [Faktory, vliyayushchie na sostoyanie zdorov'ya naseleniya Rossii]. Narodonaselenie. 2011; 1 (51): 038-049. [In Russian]
2. Revich B.A., Khar'kova T.L., Kvasha E.A. Optics of medico-demographic processes in the context of sustainable development of the Arctic macroregion (on the example of the Arkhangelsk region). [Optika mediko-demograficheskikh protsessov v kontekste ustoychivogo razvitiya arkticheskogo makroregiona (na primere Arkhangel'skoy oblasti)]. Demograficheskoe obozrenie. 2019; №2 (6): 165-196 [In Russian].
3. Order of the Government of the Russian Federation of November 17, 2008 No. 1662-r (revised on September 28, 2018) "On the Concept of Long-Term Socio-Economic Development of the Russian Federation for the Period until 2020". [Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 17.11.08 №1662-r (red. ot 28.09.18) «O Kontseptsii dolgosrochnogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda»]. [In Russian]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82134 (accessed 15.12.2020).
4. Decree of the President of the Russian Federation of May 7, 2018 N 204 "On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period until 2024". [Ukaz Prezidenta RF ot 7 maya 2018 g. N 204 "O natsional'nykh tselyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2024 goda"] [In Russian]. Available at: <https://base.garant.ru/71937200/> (accessed 15.12.2020).
5. Starodubov V.I. Statistical accounting and monitoring of infant mortality. [Voprosy statisticheskogo ucheta i monitoring mladencheskoy smertnosti]. Moscow. 2011. 91 p. [In Russian].
6. Decree of the President of the Russian Federation of October 9, 2007 N 1351 "On approval of the Concept of the demographic policy of the Russian Federation for the period up to 2025" (with amendments and additions). [Ukaz Prezidenta RF ot 9 oktyabrya 2007 g. N 1351 "Ob

utverzhenii Kontseptsii demograficheskoy politiki Rossiyskoy Federatsii na period do 2025 goda" (s izmeneniyami i dopolneniyami)) [In Russian].

Available at: <https://base.garant.ru/191961/>(accessed 15.12.2020).

7. The concept of demographic policy of the Republic of Bashkortostan for the period up to 2025. Decree of the President of the Republic of Belarus dated July 14, 2008 No. UP-333. [Kontsepsiya demograficheskoy politiki Respubliki Bashkortostan na period do 2025 goda. Ukaz prezidenta RB ot 14.07.2008 № UP-333] [In Russian].

Available at: <https://mintrud.bashkortostan.ru/documents/active/251201/>(accessed 15.12.2020).

Поступила/Received: 01.03.2021.

Принята в печать/Accepted: 03.03.2021.

УДК 665.71: 613.63: 616-084

ХИМИЧЕСКИЙ ФАКТОР В УСЛОВИЯХ НЕФТЕХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ И МЕРЫ ПО ЕГО МИНИМИЗАЦИИ

Каримова Л.К.¹, Мулдашева Н.А.¹, Ларионова Т.К.¹, Валеева Э.Т.¹, Шайхлисламова Э.Р.^{1, 2},
Волгарева А.Д.¹

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

²ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»

Минздрава России, Уфа, Россия

В настоящее время в нефтехимической отрасли проводится реализация крупномасштабных проектов, предусматривающих введение в строй действующих новых производств и модернизацию старых с применением современных технологических решений, повышающих эффективность производств и снижающих риск нарушения здоровья работников. Вместе с тем основная часть предприятий продолжает работать по несовершенным технологиям, на устаревшем оборудовании, что не исключает возможности загрязнения воздуха рабочей зоны комплексом вредных веществ и развития у работников профессиональных заболеваний химической этиологии.

Цель исследования – изучение уровней воздействия химического фактора на работников нефтехимических производств и разработка комплекса мер по его минимизации.

Материалы и методы. Проанализированы санитарно-гигиенические характеристики условий труда, результаты производственного контроля, выполненные санитарно-химическими лабораториями предприятий, а также результаты собственных исследований, выполненных на нефтехимических производствах, на которых ведущим вредным производственным фактором является химический.

Результаты. На основании проведенных исследований выявлена зависимость уровня загрязнения воздушной среды вредными веществами от физико-химических свойств веществ, используемых в качестве сырья, промежуточных и готовых продуктов, цикличности, стадии технологического процесса, применяемого оборудования. Полученные закономерности положены в основу разработки комплекса мероприятий по минимизации риска воздействия химического фактора на работников.

Заключение. Наличие в воздухе рабочей зоны изученных производств вредных веществ различного класса опасности, уровни которых превышают гигиенические нормативы, может обуславливать риск развития у работников профессиональных заболеваний химической природы, что диктует необходимость разработки и реализации комплекса мер по снижению риска воздействия химических веществ на организм работников.

Ключевые слова: химический фактор, нефтехимия, производства, работники, профессиональные заболевания, профилактические мероприятия.

Для цитирования: Л.К. Каримова, Н.А. Мулдашева, Т.К. Ларионова, Э.Т. Валеева, Э.Р. Шайхлисламова, А.Д. Волгарева. Химический фактор в условиях нефтехимических

производств и меры по его минимизации. Медицина труда и экология человека. 2021: 1:35-48

Для корреспонденции: Шайхлисламова Эльмира Радиковна, к.м.н., заведующий отдела медицины труда ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», e-mail: shajkh.ehlmira@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10103>

A CHEMICAL FACTOR IN THE CONDITIONS OF PETROCHEMICAL INDUSTRIES AND MEASURES TO MINIMIZE IT

Karimova L.K.¹, Muldasheva N. A.¹, Larionova T. K.¹, Valeeva E.T.¹, Shaykhislamova E.R.^{1,2}, Volgareva A.D.¹

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

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

Currently, large-scale projects are being implemented in the petrochemical industry, providing for the commissioning of existing new production facilities and the modernization of old ones with the use of modern technological solutions that increase production efficiency and reduce the risk of injury to workers. At the same time, the majority of enterprises continue to work with imperfect technologies, with outdated equipment, which does not exclude the possibility of air pollution in the working area with a complex of harmful substances and the development of occupational diseases of chemical etiology among workers.

Purpose of the study. Study of the levels of exposure to the chemical factor on workers in petrochemical industries and the development of a set of measures to minimize it.

Materials and methods. The sanitary and hygienic characteristics of working conditions, the results of production control carried out by the sanitary and chemical laboratories of enterprises, as well as the results of their own research carried out at petrochemical industries, where the leading harmful production factor is a chemical, have been analyzed.

Results. Based on the studies carried out, the dependence of the level of air pollution with harmful substances on the physical and chemical properties of chemicals used as raw materials, intermediate and finished products, cyclicity, stage of the technological process, equipment used was revealed. The obtained patterns are used as the basis for the development of a set of measures to minimize the risk of exposure to a chemical factor on workers.

Conclusion. The presence in the air of the working area of the studied industries of hazardous substances of various hazard classes, the levels of which exceed hygienic standards, can cause the risk of development of occupational diseases of a chemical nature in workers, which dictates the need to develop and implement a set of measures to reduce the risk of exposure to chemicals on the body of workers.

Key words: chemical factor, petrochemistry, production, workers, occupational diseases,

preventive measures.

Citation: Karimova L.K., Muldasheva N.A., Larionova T.K., Valeeva E.T., Shaikhislamova E.R., Volgareva A.D. A chemical factor in the conditions of petrochemical industries and measures to minimize it. *Occupational health and human ecology.* 2021: 1:35-48

Correspondence: Elmira R. Shaikhislamova, CSc (Medicine), Head of the Department of Occupational Health, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, e-mail: shajkh.ehlmira@yandex.ru

Financing: The study had no financial support.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10103>

Актуальность проблемы. Обеспечение химической безопасности является важнейшей государственной задачей, реализация которой определена Указом Президента Российской Федерации от 11 марта 2019 г.¹. Целью государственной политики в этой области является поддержание допустимого уровня риска негативного воздействия опасных химических факторов на население и окружающую среду [1]. Ключевым звеном в системе обеспечения химической безопасности РФ является Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор)[2,3]. Реализация полномочий в области обеспечения химической безопасности определена Федеральным законом №52 от 30.03.1999 г.² и приказом Роспотребнадзора № 322 от 07.04.2009 г.³

В целях осуществления новой концепции государственного санитарно-эпидемиологического нормирования в рамках «регуляторной гильотины» в настоящее время проводится пересмотр нормативной базы в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения и ее гармонизация в соответствии с международными требованиями, в том числе по обращению химических веществ. Ряд нормативных документов введен в действие с 01.01.2021 г. (СП 2.2.3670-20⁴, СП 2.1.3678-20⁵) [4].

Химический фактор (ХФ) присутствует на рабочих местах при добыче и переработке полезных ископаемых, обогащении рудных материалов, органическом и неорганическом синтезе, в сельском хозяйстве, а также при производстве веществ биологической природы. Использование химических веществ с высокой токсичностью и применение на ряде

¹ Указ Президента РФ от 11 марта 2019 г. №97 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу»

² Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 №52-ФЗ

³ Приказ Роспотребнадзора от 07.04.2009 №322 «О мерах по реализации полномочий Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в области обеспечения биологической и химической безопасности»

⁴ СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда»

⁵ СП 2.1.3678-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг»

предприятий несовершенных в отношении обеспечения химической безопасности технологий может приводить к увеличению химической нагрузки на организм работников различных предприятий [5, 6, 7]. Наибольшему негативному воздействию промышленных ядов подвергаются работники предприятий тех видов экономической деятельности, где в технологических процессах используется комплекс вредных химических веществ, которые при определенных производственных условиях могут поступать в воздух рабочей зоны в концентрациях, превышающих допустимые, что требует мониторинга за состоянием воздушной среды [8, 9].

Одно из ведущих мест по потенциальной опасности химического воздействия на организм работников занимают нефтехимические производства, в технологических процессах которых химические соединения присутствуют в качестве сырья, промежуточных и готовых продуктов. На многих рабочих местах в воздухе рабочей зоны присутствует комплекс вредных веществ, включающий от 2 до 10 ингредиентов, обладающих различным характером действия: остронаправленным, раздражающим, нейтропным, гемато-, гепатотропным, аллергенным.

Несмотря на достаточно изученные свойства биологического действия на организм многих химических веществ, участвующих в органическом синтезе, появляется актуальная информация, из которой следует, что бензол, *винилхлорид*, стирол, *минеральные масла, полихлорированные ароматические углеводороды, формальдегид, N-нитрозодиметиламин* могут вызывать и отдаленные эффекты, в частности выраженный канцерогенный эффект [10-16].

В этой связи необходимо проведение постоянного мониторинга качества воздуха рабочей зоны с целью обеспечения гигиенической безопасности и в случае необходимости разработка и внедрение системы адресных мероприятий по минимизации риска воздействия химических веществ на организм работников на предприятиях различных отраслей экономики [9].

Цель исследования – изучение уровня воздействия ХФ на работников нефтехимических производств и разработка комплекса мер по его минимизации.

Материалы и методы. Проанализированы санитарно-гигиенические характеристики условий труда, результаты производственного контроля (ПК), выполненные санитарно-химическими лабораториями предприятий, а также собственных исследований, проведенных на нефтехимических производствах, где ведущим вредным производственным фактором является химический.

При оценке ХФ были идентифицированы вредные вещества в воздухе рабочей зоны, проведены лабораторные исследования с целью определения их фактического содержания с последующей гигиенической оценкой в соответствии с действующими нормативными документами^{6,7}.

⁶ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»

⁷Р.2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»

Гигиенические исследования и анализ профессиональных заболеваний, связанных с воздействием ХФ, проведены на ведущих предприятиях, расположенных в Татарстане и Башкортостане с 2006 по 2020 гг.

Результаты.

Нефтехимическая промышленность включает в себя крупнотоннажные производства синтетических каучуков, пластмасс, продукции основного органического синтеза и является одной из самых опасных производственных сфер по риску причинения вреда здоровью работников в связи с высоким уровнем токсичности химических веществ (1-3 класс опасности), применяемых в технологических процессах.

Результатами собственных исследований установлено, что химическая безопасность на рабочих местах зависит от физико-химических свойств вредных веществ (летучесть, агрегатное состояние, растворимость и др.), характера и цикличности технологического процесса (прерывный, непрерывный), конструкции и технического состояния применяемого оборудования и его герметичности, условий хранения и транспортирования химических веществ, уровня автоматизации и надежности работы контрольно-измерительных приборов, своевременного применения систем аварийной остановки производственных процессов, а также применения средств коллективной и индивидуальной защиты.

Динамические собственные исследования, проведенные в последние десятилетия, позволили сделать заключение, что первостепенное значение в загрязнении воздуха рабочей зоны вредными веществами имеет состояние технологического оборудования и, прежде всего, его герметичность. При этом наиболее высокие концентрации химических веществ, превышающие соответствующие предельно допустимые концентрации (ПДК) в 2-5 раз, регистрировались в помещениях, где была установлена малогерметичная, устаревшая аппаратура. Кроме того, интенсивное загрязнение воздуха рабочей зоны наблюдалось при пропусках продукции через неплотности в запорной арматуре (2-3 ПДК). При выполнении отдельных газоопасных работ 1-2 групп (отбор технологических проб, набивка сальников насосов) кратность превышения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны достигала 5-10 ПДК.

Условия труда по ХФ в нефтехимических производствах соответствовали, как правило, вредному классу (3.1 – 3.3) (табл. 1).

Таблица 1

Кратность превышения ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны нефтехимических производств

Производства	Технологические операции			Общая оценка условий труда по химическому фактору
	Наблюдение за приборами в операторной	Контроль за работой оборудования	Газоопасные работы II группы	
Этилена-пропилена	0,05-0,2 ПДК _{сс}	1,1-1,8 ПДК _{сс}	2,1-3,0 ПДК _{макс}	3.1
Бензола	0,05-0,13 ПДК _{сс}	0,38-3,0 ПДК _{сс}	3,3-10,8 ПДК _{макс}	3.3
Стирола	0,5-0,12 ПДК _{сс}	0,20-0,81 ПДК _{сс}	2,0-8,3 ПДК _{макс}	3.2
Простых полиэфиров	0,07 ПДК _{сс}	0,21-0,51 ПДК _{сс}	3,8-9,3 ПДК _{макс}	3.2
Полиэфирных смол	0,06-0,19 ПДК _{сс}	0,23-0,67 ПДК _{сс}	2,0-8,9 ПДК _{макс}	3.2
Оксидов олефинов (оксид этилена, пропилена)	0,1-0,2 ПДК _{сс}	1,2-3,1 ПДК _{сс}	3,3-10,2 ПДК _{макс}	3.3

Примечание: ПДК_{макс} – максимально разовая ПДК вредного вещества в воздухе зоны; ПДК_{сс} – среднесменная ПДК вредного вещества в воздухе зоны

Представленные данные гигиенических исследований свидетельствуют о существующем риске развития профессиональных заболеваний химической природы на нефтехимических производствах, что диктует необходимость проведения мониторинга и оценки гигиенической ситуации на производстве по ХФ.

Исходными данными для оценки гигиенической ситуации по ХФ могут служить результаты специальной оценки условий труда (СОУТ), лабораторных исследований, полученных в рамках Федерального государственного контроля, производственного лабораторного контроля.

При планировании лабораторного контроля ХФ на производстве необходимо:

- изучение технической документации, содержащей информацию о технологических процессах, применяемых химических веществах, объемах сырья и продукта реакции, технологических параметрах (температура, давление и т.д.), уровне механизации и автоматизации, конструктивных особенностях используемого оборудования. Кроме того, должна быть изучена эксплуатационная технологическая документация на машины, механизмы и оборудование;

- идентификация вредных веществ, присутствующих в воздухе рабочей зоны, с помощью надежных современных аналитических методов (хромато-масс-спектрометрия, масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой и др.) и отнесение их в соответствии с нормативными документами к классу опасности;

- определение точек отбора проб с учетом цикличности и стадий технологического процесса, возможных источников поступления вредных веществ в воздух рабочей зоны, класса опасности вредного вещества, наличия газоопасных работ, анализа эффективности контроля за предыдущие годы;

- оценка наличия и эффективности работы вентиляционных систем.

План лабораторного контроля содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны формируется ежегодно и является составной частью программы ПК, дополняется или изменяется в случае реконструкции, замены оборудования, изменения технологии производственных процессов, выявления профессиональных заболеваний, связанных с воздействием производственных ХФ.

Периодичность контроля воздушной среды устанавливается в зависимости от класса опасности и характера биологического действия химических веществ. Для веществ с остронаправленным механизмом действия должен быть обеспечен непрерывный контроль с сигнализацией о превышении ПДК⁸.

Организация необходимых лабораторных исследований и испытаний может осуществляться с привлечением лаборатории, аккредитованной в установленном порядке⁹, как самого предприятия, так и сторонних организаций.

Поскольку деятельность по созданию и контролю безопасных условий труда относится к сфере государственного регулирования, обеспечение единства измерений, количественное определение вредных веществ в воздухе рабочей зоны должно осуществляться по аттестованным методикам аккредитованными лабораториями, имеющими необходимые средства измерения, внесенные в государственный реестр и поверенные в установленном порядке. Для оценки точности результатов химического анализа контроль качества деятельности лабораторий должен проводиться на плановой основе путем внутреннего (внутрилабораторного) и внешнего (например, в виде межлабораторных сравнительных испытаний) контроля¹⁰.

⁸СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда»

⁹Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. № 412-ФЗ «Об аккредитации в национальной системе аккредитации»

¹⁰РМГ 76-2014 ГСИ. Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа

Присутствие широкого спектра химических веществ в воздухе рабочей зоны предприятия определяет значимость выбора специфического метода отбора и количественного анализа проб. Важное значение имеет способ транспортировки проб в лабораторию, обеспечивающий их сохранность.

В отрасли ежегодно устанавливаются профессиональные заболевания химической природы [17, 18].

Вредные вещества в зависимости от их свойств и условий воздействия (концентрация, время) могут вызывать у работников острые и/или хронические отравления.

Острые отравления наиболее часто возникают у работников при ликвидации аварийных ситуаций, инцидентах, когда происходит выброс токсичных веществ в воздух рабочей зоны в концентрациях, в десятки раз превышающих ПДК. Наиболее типичными аварийными ситуациями на производствах являются разрыв трубопровода, повреждения при ремонтных работах, неисправности вентилей, прокладок, другой арматуры.

Степень поражения зависит от концентрации и токсического действия химического вещества, продолжительности его воздействия, реактивности организма работника. В зависимости от токсических свойств вещества острое отравление может наступить сразу же после его воздействия.

Как правило, основной причиной развития острых интоксикаций является воздействие веществ, обладающих остронаправленным действием, в течение не более одной рабочей смены. При этом особенностью таких отравлений является их групповой характер, определяемый одинаковыми условиями труда, однако клиническая картина и степень выраженности интоксикации зависят не только от характера действия яда, но и от индивидуальной чувствительности организма работника.

В условиях производства острые отравления чаще всего вызывают вещества с остронаправленным механизмом действия (дигидросульфид, сернистый ангидрид, аммиак, оксиды азота), а также вещества, обладающие общетоксическим действием (диметилформамид, формальдегид, бензол, гидроксibenзол, этиленоксид, этиленбензол, бутиловый спирт) при воздействии в концентрациях, превышающих ПДК.

Модернизация нефтехимических производств, проводимая в последнее десятилетие, привела к снижению концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны и уменьшила риск развития профессиональных заболеваний, связанных с воздействием производственных ХФ. Однако в ряде случаев имеют место острые отравления и сохраняется риск развития хронических интоксикаций, например при большом стаже работы (20 и более лет) в контакте с химическими веществами, когда имеет место эффект кумуляции.

Анализ санитарно-гигиенических характеристик условий труда работников нефтехимических предприятий Республики Башкортостан за последние 10 лет, которым в 156 случаях были установлены профессиональные интоксикации в хронической форме, показал, что причиной их развития в 66,7% случаев (104 чел.) являлось превышение ПДК химических веществ, в 21,8% случаев (34 чел.) – длительное воздействие вредных веществ в

пределах ПДК, в 11,5% случаев (18 чел.) – последствия острого отравления химическими веществами (табл. 2).

Таблица 2

Основные причины развития хронических интоксикаций у работников нефтехимических производств

№ п\п	Причины	Количество человек, абс.	%
1	Содержание химических веществ в воздухе рабочей зоны > ПДК	104	66,7
2	Воздействие химических веществ на уровне ПДК в течение длительного стажа (15-25 лет)	34	21,8
3	Последствия острого отравления химическими веществами	18	11,5
Итого		156	100,0

Симптомокомплекс хронической интоксикации характеризовался сочетанным поражением нервной системы (астеническим, астено-невротическим, астено-вегетативным синдромами, токсической энцефалопатией), дискинезией желчевыводящих путей, хронической гепатопатией (гепатитом).

Гигиенические исследования, полученные на основании ПК и собственных исследований, анализ профессиональной заболеваемости химической этиологии диктует необходимость разработки и выполнения комплекса мероприятий по улучшению гигиенической ситуации по загрязнению воздушной среды вредными веществами. Основные направления по минимизации риска нарушения здоровья, связанного с воздействием ХФ, представлены на рисунке 1.

Заключение.

На основании анализа результатов ПК, протоколов собственных лабораторных исследований фактического уровня загрязнения воздуха рабочей зоны вредными веществами установлено, что на рабочих местах различных нефтехимических производств имеет место загрязнение воздушной среды вредными веществами, различными по характеру действия, степени токсичности и опасности, превышающих гигиенические нормативы (класс 3.1-3.3), что обуславливает риск развития профессиональных заболеваний химической этиологии.

Наиболее часто острые отравления на производстве вызывали вещества с однонаправленным характером действия, а также вещества с общетоксическим действием. Хронические интоксикации, как правило, возникали у работников, имеющих в анамнезе острые отравления химическими веществами и имеющих продолжительный (более 20 лет) контакт с токсическими веществами в концентрациях, превышающих допустимые уровни. В редких случаях интоксикации явились исходом однократного или повторно перенесенного острого отравления.

Проведенный анализ позволил определить основные факторы, оказывающие влияние на гигиеническую ситуацию по химической безопасности: физико-химические и токсикологические свойства вредных веществ, цикличность технологического процесса, выполняемые технологические операции, применяемое оборудование, при которых в наибольшей степени вероятен риск воздействия ХФ на организм работников.

Для обеспечения химической безопасности работников нефтехимических производств необходима разработка и реализация комплекса мер по последовательному снижению до приемлемого уровня риска негативного воздействия опасных ХФ, включающих технологические, санитарно-технические, санитарно-гигиенические и медицинские мероприятия.

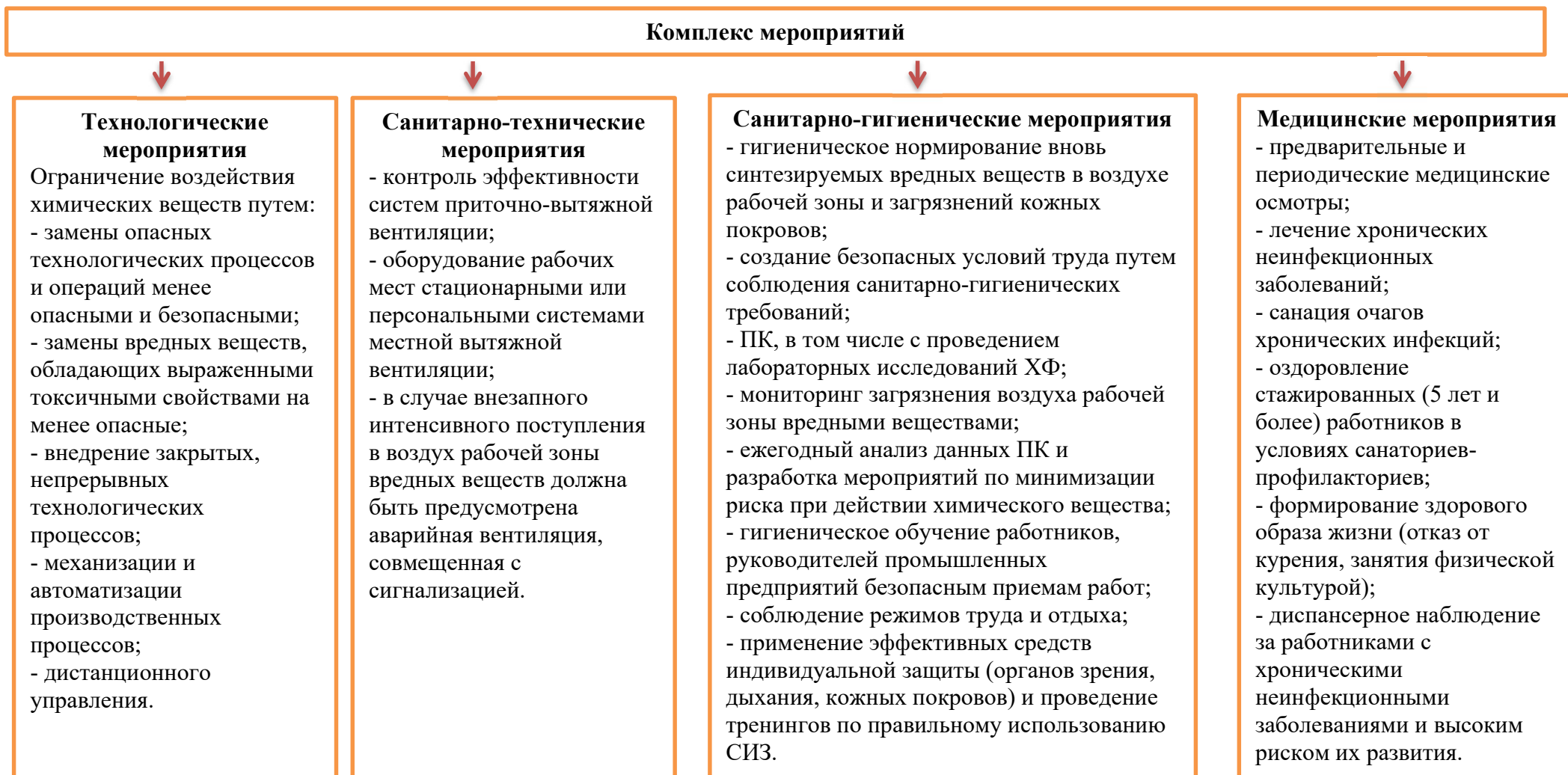


Рис. 1. Мероприятия по минимизации риска воздействия химического фактора на организм работников

Список литературы:

1. Онищенко Г.Г. Химическая безопасность – важнейшая составляющая санитарно-эпидемиологического благополучия населения. *Токсикологический вестник*. 2014; 1:2–6.
2. Хамидуллина Х.Х. Деятельность Роспотребнадзора в обеспечении химической безопасности Российской Федерации. Актуальные научные и научно-технические проблемы обеспечения химической безопасности России. Сборник статей II Российской конференции с международным участием. Изд-во: Международный центр научно-исследовательских проектов (Киров), 2017.
3. Андреев В.Г., Бараненко В.В. Химическая и биологическая безопасность как часть национальной безопасности России. *Научно-аналитический журнал Обозреватель-Observer*. 2012;7:23-36.
4. Хамидуллина Х.Х. Современные международные требования к управлению риском воздействия химического фактора и их реализация в системе государственного санитарно-эпидемиологического надзора. *Анализ риска здоровью*. 2014; 2:14–18.
5. Степкин Ю.И., Механтьев И.И., Платунин А.В., Колнет И.В. Оценка факторов риска в условиях химического и шумового воздействия на здоровье населения. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016;7:25-28.
6. Могиленкова Л. А., Криницын Н. В., Филиппова Ю. В., Киселев Д. Б. Оценка риска здоровью персонала химически опасных производств. *Теоретическая и прикладная экология*. 2011;4:73-76.
7. Комбарова М.Ю., Нечаева Е.Н., Радилов А.С., Янно Л.В. Медико-гигиеническая оценка состояния здоровья персонала, работающего на химически опасном объекте «Химический завод – филиал ОАО «Красноярский машиностроительный завод». *Медицина экстремальных ситуаций*. 2016;4(58):76-84.
8. Дюбанов М.В., Артемов А.В. Система непрерывного управления химической и биологической безопасностью объектов химического комплекса. Актуальные научные и научно-технические проблемы обеспечения химической безопасности России. Сборник статей II Российской конференции с международным участием. Изд-во: Международный центр научно-исследовательских проектов (Киров), 2017.
9. Элиович И.Г., Мельцер А.В., Якубова И.Ш., Аллояров П.Р., Историк О.А., Панкина Е.Н., Жирнов А.Ю. Совершенствование социально-гигиенического мониторинга за условиями труда работников с использованием системы производственного контроля. *Гигиена и санитария*. 2017;96(4):339-343.
10. Neue Untersuchung zum Zusammenhang zwischen Benzol-Exposition und Leukämie. *Erdol-Erdgas-Kohle*. 2018;112(3):96.
11. M. Guido, S. Sarcognato, G. Pelletti et al. Sequential development of hepatocellular carcinoma and liver angiosarcoma in a vinyl chloride–exposed worker. *Human pathology*. 2016;57(193):196.
12. J.A. Cichocki, K.Z. Guyton, N.Guhaet al. Target organ metabolism, toxicity, and mechanisms of trichloroethylene and perchloroethylene: key similarities, differences, and data gaps. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*. 2016;359(1):110 - 123.

13. R. Cheasley, C. P. Keller, E. Setton. Lifetime excess cancer risk due to carcinogens in food and beverages: Urban versus rural differences in Canada. *Canadian Journal of Public Health*. 2017;108(3):288-295. doi: 10.17269/CJPH.108.5830.
14. S. Costello, M. C. Friesen, D. C. Christiani, E. A. Eisen. Metalworking fluids and malignant melanoma in autoworkers. *Epidemiology*. 2017;22:90–97.
15. IARC. Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol. IARC. Monographs On The Evaluation Of Carcinogenic Risks To Humans. 2014;88.
16. Lotti M. Do occupational exposures to vinyl chloride cause hepatocellular carcinoma and cirrhosis? *Liver International*. 2017;37(5):630-633.
17. Хафизов Н.Х., Минин Г.Д., Секретарев В.И., Зулъкарнеев Р.Х., Загидуллин Н.Ш., Загидуллин Ш.З. Распространенность и структура острых отравлений в Республике Башкортостан. *Токсикологический вестник*. 2012;4:2–6.
18. Секретарев В.И., Овсянникова Л.Б., Минин Г.Д., Степанов Е.Г., Казак А.А., Давлетнуров Н.Х. Мониторинг острых отравлений химической этиологии как элемент гигиенической безопасности населения Республики Башкортостан. *Медицина труда и экология человека*. 2016;3:30-35.

References:

1. Onishchenko G.G. Chemical safety is the most important component of the sanitary and epidemiological well-being of the population. *Toxicological Bulletin*. 2014;1:2-6.
2. Khamidullina Kh.Kh. The activities of Rospotrebnadzor in ensuring the chemical safety of the Russian Federation. Actual scientific and scientific-technical problems of ensuring the chemical safety of Russia. Collection of scientific articles of the II Russian conference with international participation. Publishing house: International Center for Research Projects (Kirov), 2017.
3. Andreev V.G., Baranenko V.V. Chemical and biological safety as part of the national security of Russia. *Scientific-analytical journal Observer*. 2012;7:23-36.
4. Khamidullina Kh.Kh. Modern international requirements for managing the risk of exposure to a chemical factor and their implementation in the system of state sanitary and epidemiological surveillance. *Health risk analysis*. 2014;2:14-18.
5. Stepkin Yu.I., Mekhantiev I.I., Platunin A.V., Kolnet I.V. Assessment of risk factors under conditions of chemical and noise impact on public health. *Med labor and prom. eco*. 2016;7:25-28.
6. Mogilenkova L.A., Krinitsyn N.V., Filippova Yu. V., Kiselev D.B. Assessment of health risks for personnel of chemically hazardous industries. *Theoretical and Applied Ecology*. 2011;4:73-76.
7. Kombarova M.Yu., Nechaeva E.N., Radilov A.S., Yanno L.V. Medical and hygienic assessment of the health state of personnel working at the chemically hazardous facility "Chemical plant - a branch of OJSC "Krasnoyarsk machine-building plant". *Disaster Medicine*. 2016;4(58):76-84.
8. Dyubanov M.V., Artemov A.V. System for continuous management of chemical and biological safety of chemical complex facilities. Actual scientific and scientific-technical problems of ensuring the chemical safety of Russia. Collection of scientific articles of the II Russian conference with

- international participation. Publishing house: International Center for Research Projects (Kirov), 2017.
9. Eliovich I.G., Melzer A.V., Yakubova I.Sh., Alloyarov P.R., Istorik O.A., Pankina E.N., Zhirnov A.Yu. Improvement of social and hygienic monitoring of the working conditions of workers using the occupational control system. *Hygiene and sanitary*. 2017;96(4):339-343.
 10. Neue Untersuchung zum Zusammenhang zwischen Benzol-Exposition und Leukämie. *Erdol-Erdgas-Kohle*. 2018;112(3):96.
 11. M. Guido, S. Sarcognato, G. Pelletti et al. Sequential development of hepatocellular carcinoma and liver angiosarcoma in a vinyl chloride-exposed worker. *Human pathology*. 2016;57(193):196.
 12. J.A. Cichocki, K.Z. Guyton, N.Guha et al. Target organ metabolism, toxicity, and mechanisms of trichloroethylene and perchloroethylene: key similarities, differences, and data gaps. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*. 2016; V. 359 (1): 110 - 123.
 13. R. Cheasley, C. P. Keller, E. Setton. Lifetime excess cancer risk due to carcinogens in food and beverages: Urban versus rural differences in Canada. *Canadian Journal of Public Health*. 2017;108(3): 288-295. doi: 10.17269/CJPH.108.5830.
 14. S. Costello, M. C. Friesen, D. C. Christiani, E. A. Eisen. Metalworking fluids and malignant melanoma in autoworkers. *Epidemiology*. 2017;22:90-97.
 15. IARC. Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol. IARC. Monographs On The Evaluation Of Carcinogenic Risks To Humans. 2014;88.
 16. Lotti M. Do occupational exposures to vinyl chloride cause hepatocellular carcinoma and cirrhosis? *Liver International*. 2017;37(5):630-633.
 17. Khafizov N.Kh., Minin G.D., Sekretarev V.I., Zulkarneev R.Kh., Zagidullin N.Sh., Zagidullin Sh.Z. Prevalence and structure of acute poisoning in the Republic of Bashkortostan. *Toxicological Bulletin*. 2012;4:2-6.
 18. Sekretarev V.I., Ovsyannikova L.B., Minin G.D., Stepanov E.G., Kazak A.A., Davletnurov N.Kh. Monitoring of acute poisoning of chemical etiology as an element of hygienic safety of the Bashkortostan population. *Occupational health and human ecology*. 2016;3:30-35.

Поступила/Received: 10.02.2021.

Принята в печать/Accepted: 12.03.2021.

УДК 614.7:574.21

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДНЫХ И ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ В СИСТЕМЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КЛАССА ОПАСНОСТИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА — ШЛАМА КАМНЕОБРАБОТКИ

Камлюк С.Н., Борис О.А., Петрова С.Ю., Анисович М.В., Васильева М.М., Иода В.И.

Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены»,
Минск, Республика Беларусь

*Цель работы заключалась в установлении степени и класса опасности отходов минеральной природы – шламов камнеобработки, по опасному свойству «экоотоксичность» с применением беспозвоночных животных: пресноводных моллюсков *Lymnaea stagnalis* и почвенных олигохет *Eisenia foetida*. Приведено описание экспериментальных методов, использованных для определения степени и класса опасности отходов производства минеральной природы. Основанные на биотестировании подходы достаточно полно отражают процессы влияния содержащихся в отходах токсичных веществ на гидробионтов и представителей почвенной фауны, что свидетельствует о целесообразности использованных в данной работе методов и приведенных результатов исследований. В свою очередь, актуальность проблемы переработки и вторичного использования отходов производства минеральной природы обуславливает целесообразность проведения исследований по определению класса опасности шламов камнеобработки.*

Ключевые слова: опасные отходы, шлам камнеобработки, токсичность, экоотоксичность, вторичная переработка, степень опасности, класс опасности, биотестирование.

Для цитирования: Камлюк С. Н., Борис О. А., Петрова С.Ю., Анисович М.В., Васильева М.М., Иода В.И. Применение водных и почвенных беспозвоночных животных в системе определения класса опасности отходов производства: шлам камнеобработки. Медицина труда и экология человека. 2021: 1:49-54

Для корреспонденции: Камлюк Светлана Николаевна, старший научный сотрудник лаборатории профилактической и экологической токсикологии, канд. биол. наук, shevtsova308@gmail.com

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: конфликт интересов отсутствует.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10104>

APPLICATION OF AQUATIC AND SOIL INVERTEBRATE ANIMALS IN THE SYSTEM FOR DETERMINING THE CLASS OF HAZARD OF PRODUCTION WASTE: STONE SLUDGE

Kamliuk S.N., Boris O.A., Petrova S.Yu., Anisovich M.V., Vasilyeva M.M., Ioda V.I.

Republican Unitary Enterprise “Scientific practical centre of hygiene”, Minsk, Belarus

The aim of the work was to establish the degree and hazard class of mineral waste – stone processing sludge, according to the dangerous property of "ecotoxicity" with the use of

*invertebrates: freshwater mollusks *Lymnaea stagnalis* and soil oligochaetes *Eisenia foetida*. A description of the experimental methods used to determine the degree and class of hazard of mineral wastes is given. Approaches based on biotesting quite fully reflect the processes of the influence of toxic substances contained in waste on aquatic organisms and representatives of soil fauna, which indicates the expediency of the methods used in this work and the results of the studies. In turn, the urgency of the problem of processing and recycling mineral wastes determines the feasibility of conducting research to establish the hazard class of stone processing sludge.*

Key words: *hazardous waste, stone processing sludge, toxicity, ecotoxicity, recycling, hazard degree, hazard class, biotesting.*

Citation: *Kamlyuk S.N., Boris O.A., Petrova S.Yu., Anisovich M.V., Vasileva M.M., Ioda V.I. The use of aquatic and soil invertebrates in the system for determining the hazard class of industrial waste: stone processing sludge. Occupational health and human ecology. 2021: 1:49-54*

Correspondence: *Svetlana N. Kamlyuk, Senior Researcher, Laboratory of Preventive and Environmental Toxicology, CSc. (Biology), shevtsova308@gmail.com*

Financing: *The study had no financial support.*

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10104>

Актуальность эффективного решения проблем, связанных с поиском путей переработки отходов производства в условиях стремительно возрастающей антропогенной и техногенной нагрузки на природные ландшафты и урбанизированные территории, не вызывает сомнений [1]. Отсутствие законодательно установленных механизмов регулирования обращения с отходами могло бы привести к нанесению значительного ущерба экономике и экологическому благополучию естественных биогеоценозов, здоровью населения Республики Беларусь [2].

Следствием стремительного развития перспективных направлений, связанных с разработкой и модернизацией технологических процессов производства, становятся значительные количества отходов, в том числе минеральной природы [3, 4]. Вместе с тем наличие во вторично перерабатываемых и свозимых на полигоны отходах производства токсичных примесей (тяжелых металлов, нефтепродуктов и т.д.) может представлять угрозу здоровью человека и благополучию окружающей природной среды.

В целом вторичной переработке подлежат неопасные отходы и отходы производства, относимые к четвертому и третьему классу опасности (малоопасные и умеренно опасные отходы соответственно), согласно классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь. Согласно действующим в Беларуси техническим нормативно-правовым актам, ряд отходов производства, образующихся в Республике Беларусь, подлежит санитарно-гигиеническим испытаниям с целью установления класса опасности по опасному свойству «экотоксичность» [5]. Целесообразность проведения испытаний ряда отходов по опасному свойству «экотоксичность» с применением водных и почвенных организмов обусловлена возможностью миграции в почвенную, воздушную и водную среду токсичных веществ, содержащихся в складироваемых и захораниваемых отходах производства.

В данной работе представлены основные методические аспекты и оригинальные данные, полученные в ходе проведения испытаний по опасному свойству «экотоксичность» шламов камнеобработки (код 3161400, согласно классификатору отходов, образующихся в

Республике Беларусь), образованных на промышленном объекте Республики Беларусь [5]. Оценку степени опасности отходов экспериментальным методом проводили с применением дождевых червей *Eisenia foetida* и кладок вторичноводного моллюска *Lymnaea stagnalis* (большого прудовика).

Цель работы – установление степени и класса опасности отходов производства: шлама камнеобработки с применением дождевых червей *Eisenia foetida* и кладок вторичноводного моллюска *Lymnaea stagnalis*.

Материалы и методы. Испытания образцов отходов по опасному свойству «экоотоксичность» проводили согласно инструкции по применению № 044–1215 [3] с применением таких тест-моделей, как кладки брюхоногого легочного моллюска *Lymnaea stagnalis* (большого прудовика), лабораторная популяция дождевых червей *Eisenia foetida*.

В ходе испытаний отходов производства в тест-модели *L. stagnalis* заданные концентрации шламов камнеобработки, представляющих собой смешанную с водой пыль и мелкодисперсную крошку, образованную при пилении и шлифовке мрамора и гранита, составили 1,0; 10,0; 50,0; 250,0 мг/мл. Эксперимент проводили в трех повторностях. Перед началом эксперимента определяли количество зародышевых капсул во фрагментах кладок каждой из групп, чашки с фрагментами кладок заполняли исследуемыми растворами (суспензиями) и инкубировали до выхода молоди из кладок. По завершению эксперимента определяли абсолютное значение выклевавшихся особей в каждой чашке. В качестве отрицательного контроля использовали чашки с фрагментами кладок, заполненные отстоянной водопроводной водой. *L. stagnalis* оценивали эффект угнетения выклева: подсчитывали выклевавшихся особей в каждой опытной группе и в контроле, и рассчитывали долю выклевавшихся особей относительно изначального количества для каждой повторности. Опасность отходов в отношении эмбриотоксичности оценивали по показателям: среднеэффективная концентрация (EC_{50}); пороговая концентрация (EC_{15}); зона острого действия (рассчитывается через отношение EC_{50} к EC_{15}). Ключевые критерии отнесения испытываемых отходов к определенному классу опасности на основании итогов теста на эмбриотоксичность отражены в таблице 1.

Таблица 1

Критерии ранжирования отходов по классам опасности на основании оценки в тест-модели *L. stagnalis*

Показатель	Класс опасности отходов			
	1	2	3	4
EC_{50} , мг/мл	< 0,1	0,1 – 1,0	1,1 – 20	> 20
Пороговая концентрация (EC_{15}), мг/мл	< 10^{-4}	10^{-4} – $<10^{-3}$	10^{-3} – 0,5	> 0,5
EC_{50} / EC_{15}	> 10^4	10^4 – $>10^2$	10^2 – 10	-

При проведении испытаний по оценке токсичности отходов в тест-модели *E. foetida* в каждой из трех повторностей было задействовано 7 особей на 500 г подготовленного грунта. Заданная концентрация отходов составила 1000 г/кг субстрата. В экспериментах с использованием дождевых червей в качестве отрицательного контроля использовали

подготовленный грунт (субстрат) без добавления испытываемых отходов производства. На протяжении 7-суточной инкубации наблюдали за морфологическими и поведенческими особенностями олигохет. По окончании эксперимента фиксировали гибель животных. По итогам испытаний класс опасности присваивали в соответствии с критериями, отраженными в таблице 2.

Таблица 2

Критерии установления класса опасности отходов производства по результатам оценки токсичности в тест-модели *Eisenia foetida*

Показатель	опасные отходы				неопасные отходы
	1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс	
Токсичность на <i>Eisenia foetida</i> , LC ₅₀	≤ 0,1	> 0,1 – 1,0	1,1 – 50,0	≥ 50,0	отсутствие

Статистическая значимость различий между контролем и опытом по всем оцениваемым показателям была оценена с применением t-критерия Стьюдента (кроме прироста коллумелярной массы тела червей, для оценки значимости различий по данному показателю применяли U-критерий Манна–Уитни). Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программного обеспечения «STATISTICA 6.1».

Результаты и их обсуждение. Проведенные лабораторные эксперименты с применением кладок большого прудовика свидетельствуют о наличии значимого угнетения выклева молоди моллюсков в условиях воздействия исследуемых отходов производства при заданных концентрациях (табл. 3).

Таблица 3

Результаты изучения эмбриотоксического действия отходов

Концентрация отходов, мг/мл	Успешный выклев, %	CV (коэффициент вариации), %	Угнетение выклева, %
Контроль	97,48	1,05	-
1,0	94,79	1,06	2,76
10,0	80,61	1,60	17,31
50,0	69,13	1,09	29,09
250,0	4,91	17,49	94,96

На основании полученных результатов были рассчитаны значения показателей для ранжирования исследованных отходов производства по классам опасности (табл. 4).

Таблица 4

Параметры эмбриотоксичности отходов

Показатель	Результат	Класс опасности
EC ₅₀ , мг/мл	89,46±0,06	4 класс
Пороговая концентрация (EC ₁₅), мг/мл	12,76	4 класс

Полученные данные позволяют заключить, что испытанные отходы оказывают эмбриотоксическое действие на кладки *Lymnaea stagnalis* и относятся к малоопасным отходам (4-му классу опасности).

Результаты проведения экспериментов с дождевыми червями (при длительности экспозиции 7 суток) также позволили выявить токсические свойства представленных на испытание отходов (табл. 5).

Таблица 5

Динамика коллумелярного веса дождевых червей *E. foetida* в условиях влияния шламов камнеобработки в концентрации 1000,0 г/кг

№ повторности	Прирост коллумелярного веса, г/особь	
	контроль	опыт
1	+0,010	-0,012
2	+0,013	-0,011
3	+0,016	-0,008
4	+0,014	-0,013
Me, 25%; 75% квантили	0,0135 (0,0115; 0,0150)	-0,0150 (-0,0125; -0,0095); p = 0,03*
Примечание: * – различия статистически значимы при p ≤ 0,05		

В результате исследования шламов камнеобработки в тест-модели *Eisenia foetida* было установлено наличие токсического эффекта в виде статистически значимого снижения прироста коллумелярного веса при действии отходов в концентрации 1000,0 г/кг. Таким образом, исследованные отходы по результатам оценки экотоксичности в тест-модели *Eisenia foetida* относятся к малоопасным отходам (к 4-му классу опасности).

Таким образом, по итогам проведения исследований с использованием почвенных олигохет *E. foetida* испытанные отходы производства могут быть отнесены к отходам четвертого класса опасности (малоопасным отходам).

Заключение. Экспериментальные данные, полученные в ходе испытаний отходов (шламов камнеобработки), свидетельствуют о некоторой степени угнетения развития и роста использованных нами беспозвоночных животных (дождевых червей и эмбрионов большого прудовика). С учетом результатов, полученных при оценке опасного свойства «экотоксичность», исследованные отходы относятся к 4-му классу опасности (малоопасным отходам) [3].

Одним из важных аспектов ранжирования отходов по классам опасности по свойству «экотоксичность» на основании результатов исследований, проведенных с применением нескольких тест-моделей, является ориентация на лимитирующий показатель, что обеспечивает максимально строгий подход к процедуре установления степени и класса

опасности отходов с использованием экспериментального метода. В данной работе 4-й класс опасности по опасному свойству «экоотоксичность» был установлен для шламов камнеобработки по результатам анализа данных, полученных во всех примененных тест-моделях, поэтому лимитирующими явились все оцениваемые показатели.

Широкое применение в санитарно-гигиенической практике методик, основанных на применении батареи биологических тест-моделей, подтверждает перспективность и целесообразность использования описанных в работе методов лабораторного биотестирования [3].

Список литературы:

1. Chinaza G.A. Hannington T., Chibueze G.A. Industrial Waste Management, Treatment, and Health Issues: Wastewater, Solid, and Electronic Wastes. European Academic Research. 2020;8(2):1081–1119.
2. Jeswani, H.K., Azapagic A. Assessing the environmental sustainability of energy recovery from municipal solid waste in the UK. Waste Manag. 2016;50:346–363.
3. Метод экспериментального определения токсичности отходов производства: Инструкция по применению № 044–1215, утв. Гл. гос. сан. Врача Респ. Беларусь от 07.04 2016. Минск, 2015.
4. Камлюк С.Н., Борис О.А, Ильюкова И.И. Оценка токсичности отходов гальванического производства с применением беспозвоночных животных. Вестник фонда фундаментальных исследований. 2020;1:59–68.
5. Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь ОКРБ 021-2019: утв. Постановлением М-ва природ. ресурсов и охраны окруж. среды Респ. Беларусь 09.09.2019 № 3-Т. Минск, 2019. 88 с. / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 27.09.2019, 8/34631 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pravo.by/upload/docs/op/W21934631p_1569531600.pdf. Дата доступа: 26.02.2021.

References:

1. Chinaza G.A. Hannington T., Chibueze G.A. Industrial Waste Management, Treatment, and Health Issues: Wastewater, Solid, and Electronic Wastes. European Academic Research. 2020;8(2):1081–1119.
2. Jeswani, H.K., Azapagic A. Assessing the environmental sustainability of energy recovery from municipal solid waste in the UK. Waste Manag. 2016;50:346–363.
3. The method of experimental determination of industrial waste toxicity: Instructions for use No. 044-1215, approved. Ch. State Doctor. Rep. of Belarus, of 07.04 2016. Minsk, 2015.
4. Kamlyuk S.N., Boris O.A., Ilyukova I.I. Assessment of waste toxicity from electroplating production with the use of invertebrates. Bulletin of the Fund for Fundamental Research. 2020;1:59–68.
5. Classifier of waste generated in the Republic of Belarus OKRB 021-2019. Approved by the decree of the Ministry of natural resources and environment protection. Rep. of Belarus of 09.09.2019 No. 3-T. Minsk, 2019. 88 p. / National legal Internet portal of the Republic of Belarus, 09/27/2019, 8/34631 Available at: http://pravo.by/upload/docs/op/W21934631p_1569531600.pdf.

Поступила/Received: 03.03.2021.

Принята в печать/Accepted:10.03.2021.

УДК: 613.9:616.07:616-053

ПРОГРАММА «ПАСПОРТ ЗДОРОВЬЯ» КАК ЭЛЕМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ

Зеленко А.В.¹, Щербинская Е.С.¹, Синякова О.К.¹, Семушина Е.А.¹, Сычик Л.М.²

¹Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены»,
Минск, Республика Беларусь

²УО «Белорусский государственный медицинский университет»,
Минск, Республика Беларусь

В статье приведены результаты применения при работе с населением донозологических методов диагностики, объединенных в программу «Паспорт здоровья». Применяемые методы позволяют выявлять индивидуальные факторы риска развития основных хронических неинфекционных заболеваний и разрабатывать на их основе программы индивидуальной профилактики. Донозологическая диагностика по программе «Паспорт здоровья» обеспечит пациент-ориентированный подход в медицинском наблюдении за состоянием здоровья индивидуума, позволяет сформировать программу профилактических мероприятий с учетом здоровьесберегающих технологий.

Ключевые слова: профилактика неинфекционных заболеваний, факторы риска, донозологическая диагностика.

Для цитирования: Зеленко А.В., Щербинская Е.С., Синякова О.К., Семушина Е.А., Сычик Л.М. Программа «Паспорт здоровья» как элемент управления рисками здоровью населения. Медицина труда и экология человека. 2021: 1:55-60

Для корреспонденции: Зеленко Андрей Витальевич, заведующий клинической лабораторией профилактической медицины, кандидат медицинских наук, prof@rspch.by.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10105>

THE PROGRAM «HEALTH PASSPORT» AS PART OF PUBLIC HEALTH RISK MANAGEMENT

Zelenko A.V.¹, Shcherbinskaya E. S.¹, Siniakova O.K.¹, Semushina E.A.¹, Sychik L.M.²

¹Republican Unitary Enterprise «Scientific practical centre of hygiene», Minsk, Belarus

²Education institution «Belarusian State Medical University», Minsk, Belarus

The article presents the results of application of prenosological diagnostics methods, united in the program «Health Passport», for working with the population. The methods applied allow to identify the individual risk factors of chronic non-infection diseases and develop the individual prevention programs. Prenosological diagnostics according to the program «Health Passport» provides the patient-oriented approach in individual medical overseeing, allows to create the program of health precaution and to form the health saving environment.

Keywords: prevention of noninfectious diseases, risk factors, prenosological diagnostics.

Citation: Zelenko A.V., Shcherbinskaya E.S., Sinyakova O.K., Semushina E.A., Sychik L.M. The Health Passport program as an element of public health risk management. Occupational health and human ecology. 2021: 1:55-60

Correspondence: Andrey V. Zelenko, Head of the Clinical Laboratory for Preventive Medicine, CSc. (Medicine), prof@rspch.by.

Financing: The study had no financial support.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10105>

В современном обществе бремя хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ) неуклонно растет. Основной причиной является значительная распространенность факторов риска их развития – как генетических, так и модифицируемых, связанных с образом жизни (табакокурение, употребление алкоголя, неправильное питание, недостаточная физическая активность), а также факторов среды обитания, жизни и деятельности человека, негативно влияющих на здоровье.

В современном мире для своевременного выявления ХНИЗ наряду с рутинными методами используются методы донозологической диагностики, направленные на выявление заболевания на доклинической стадии, не сопровождающейся клиническими проявлениями, но связанной с выраженным напряжением адаптационных механизмов, приводящим к истощению функциональных резервов организма [1].

Клиническая лаборатория профилактической медицины республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» использует в своей деятельности комплекс методов донозологической диагностики, объединенных в программу «Паспорт здоровья». Данный диагностический пакет использовался нами как в процессе работы с организованными трудовыми коллективами, так и в индивидуальной работе [2].

На начальном этапе обследования в рамках программы «Паспорт здоровья» проводится опрос с целью выявления основных анамнестических данных, позволяющих оценить наличие факторов риска развития ХНИЗ. Затем следует инструментальное обследование, включающее проведение объемной сфигмографии, позволяющей оценить жесткость сосудистой стенки, состояние артерий, баланс артериального давления на четырех конечностях; оценку функционального состояния организма, основанного на изменчивости ритма сердца, регистрируемого ритмокардиографией, с последующим анализом, оценку состава тела биоимпедансным методом. Проведенные исследования в комплексе с данными опроса позволяют оценить факторы риска развития ХНИЗ у конкретного индивидуума и сформировать программу действий по их коррекции и дальнейшей тактике обследования и лечения.

Цель — выявить факторы риска развития ХНИЗ и донозологических состояний путем внедрения в практику экспресс-диагностики и рискометрии заболеваний.

Материалы и методы. В рамках программы «Паспорт здоровья» при работе с населением сотрудниками клинической лаборатории профилактической медицины республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены» был обследован 131 человек, средний возраст составил 54,0 [43,0-62,0]. Обследуемые были разделены на 3 группы в зависимости от возраста: группа 1 – лица молодого возраста (25-44

лет), группа 2 – лица среднего возраста (45-59 лет), группа 3 – лица пожилого возраста (60-75 лет).

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью программы STATISTICA 13.0, версия 13.3, лицензия № 817404CD-5276-DD11-9BF0-00151787D04426999. Статистическая значимость различий оценивалась при $p \leq 0,045$.

Результаты исследования и их обсуждение. Распространенность табакокурения в исследуемых группах составила 18,3 %. Распределение табакокурения среди лиц разного возраста представлено в таблице 1.

Таблица 1

Распределение табакокурения среди лиц разного возраста

	Курят, %	Не курят, %
Группа 1	7,6	22,1
Группа 2	8,4	29,0
Группа 3	2,3	30,5

Таким образом, наибольший процент курящих наблюдается среди лиц среднего возраста, а наибольший процент некурящих – среди лиц пожилого возраста.

Анализ физической активности проводился с учетом ее длительности, частоты и эффективности в соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения. Установлено, что 65% обследованных лиц имеют низкую физическую активность, у 35% исследуемых физическая активность характеризовалась как умеренная или высокая.

При оценке анамнестических данных установлено, что 65 человек (50%) из общего количества обследованных имеют в анамнезе артериальную гипертензию, из них 12 человек (9,1%) – лица молодого возраста, 19 человек (14,5%) – лица среднего возраста, 34 человека (26,0%) – лица пожилого возраста. Также установлено, что получают антигипертензивные препараты только 9 человек молодого возраста, 17 человек среднего возраста, 25 человек пожилого возраста.

Оценка функционального состояния организма обследуемых состояла из определения уровней адаптационных возможностей (А), вегетативной регуляции (В), центральной регуляции (С) и психоэмоционального состояния (D) путем спектрального, фрактального, нейродинамического и фазовых видов анализа показателей ритмокардиографии с определением интегрального показателя функционального состояния организма на момент обследования (Н) [3, 4].

Оценка адаптационных возможностей организма продемонстрировала, что только у 31 человека (24,0%) адаптационные возможности в норме, у 55 обследуемых (42,0%) наблюдается напряжение адаптационных возможностей, трактуемое как донозологическое состояние, у 45 обследуемых (34,0%) наблюдается срыв адаптации.

Уровень вегетативной регуляции, отражающий влияние вегетативной нервной системы на деятельность всех систем организма, но в первую очередь на сердечно-сосудистую систему, был неудовлетворительным у 33 человек (30,0%), относительно удовлетворительным – у 44 человек (40,0%), удовлетворительным – у 33 человек (30,0%).

Показатели центральной регуляции позволяют охарактеризовать энергетическое обеспечение организма и его энергетические ресурсы. Так, у 43 человек (33,0%) энергетическое обеспечение оценено как недостаточное с низкими энергетическими

резервами, у 50 человек (38,0%) – как умеренное с недостаточными энергетическими резервами, у 38 человек (29,0%) – как высокое с большими энергетическими резервами.

Психоэмоциональное состояние обследуемых характеризовалось как хорошее у 36 человек (27%), удовлетворительное - у 52 человек (41,0%), у 42 человек (32,0%) отмечалось нервное перенапряжение и признаки накопленной усталости.

Результаты оценки функционального состояния организма в трех возрастных группах представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты оценки функционального состояния организма
в разных возрастных группах**

Показатель	Состояние	Группа 1, %	Группа 2, %	Группа 3, %
А	Срыв адаптации	3,8	11,5	19,1
	Донозологическое состояние	16,0	16,0	9,9
	Норма	9,9	9,9	3,8
В	Срыв адаптации	5	8,4	13,0
	Донозологическое состояние	3,8	13,7	7,6
	Норма	13,7	15,3	12,2
С	Срыв адаптации	3,0	11,5	18,3
	Донозологическое состояние	11,5	14,5	12,2
	Норма	15,3	11,5	2,3
Д	Срыв адаптации	3,1	9,9	19,1
	Донозологическое состояние	13,0	17,6	9,9
	Норма	13,7	9,9	3,8
Н	Срыв адаптации	1,5	4,6	13,0
	Донозологическое состояние	17	14,5	10,7
	Норма	13,0	12,2	6,1

Таким образом, у лиц пожилого возраста большая часть показателей соответствует срыву адаптации, что отражает возрастные биологические изменения организма, связанные со снижением вегетативной и нейрогуморальной регуляции, активности иммунной системы, накоплением изменений, обусловленных стрессом.

В результате оценки композиционного состава тела было установлено, что для всей исследуемой выборки характерна значительная доля лиц с избыточной массой тела. Среди всех обследуемых у 36,0% была установлена избыточная масса тела, у 34,0% - ожирение различной степени и только у 35,0% индекс массы тела (ИМТ) соответствовал норме.

Наибольший удельный вес обследуемых с избытком массы тела (ИМТ 25,00-29,99 ед.) был в группе 45-59 лет, с ожирением (ИМТ более 30,00 ед.) был выявлен в группе 60-79 лет. Наибольшая доля лиц с нормальным ИМТ установлена в группе 25-44 лет (рис. 1).

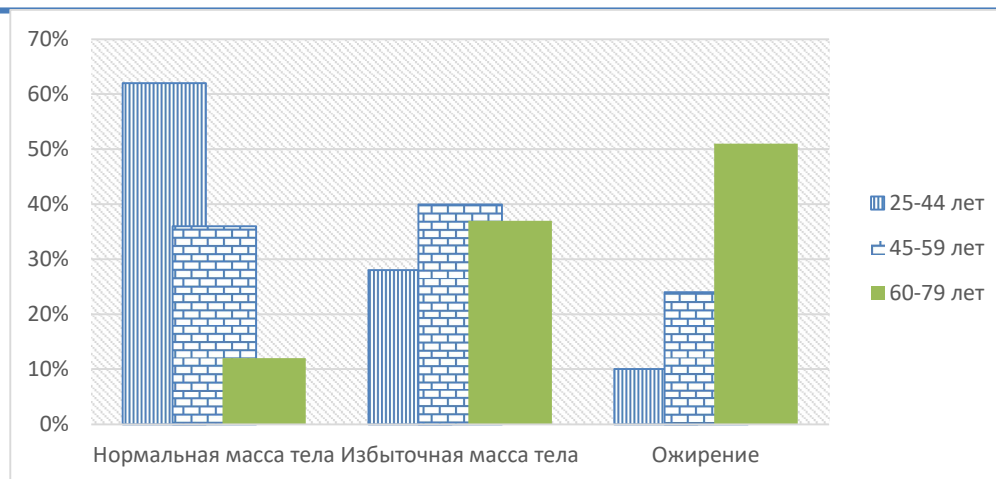


Рис. 1. Распределение обследуемых по ИМТ в различных возрастных группах

По итогам объемной сфигмографии проведена оценка уровня артериального давления (АД) у обследуемых. Так, значения АД, соответствующие артериальной гипертензии (140/90 мм рт. ст. и более), выявлены у 55 человек (42,0%), высокое нормальное АД (130/85-139/89 мм рт. ст.) - у 34 человек (26,0%), нормальное АД - у 41 человека (32,0%).

При анализе показателей объемной сфигмографии, характеризующих жесткость сосудистой стенки, наиболее значимым является сердечно-лодыжечный сосудистый индекс (CAVI). Он позволяет оценить возраст сосудов относительно пола и возраста обследуемого. При значении CAVI 9,0 ед. и выше при более углубленных методах исследования у обследуемых определяются гемодинамически значимые проявления сужения коронарных артерий [5].

Значения CAVI 9,0 ед. и более были выявлены в 13 случаях (9,9%), среди них 2 человека (15,4%) среднего возраста и 11 человек (84,6%) пожилого возраста. Данным лицам было рекомендовано пройти углубленное обследование для снижения рисков сердечно-сосудистых осложнений.

В процессе объемной сфигмографии определяется также лодыжечно-плечевой индекс (ABI), позволяющий предположить наличие стеноза артерий нижних конечностей, связанного с атеросклерозом. Референтные значения ABI находятся в пределах 0,91-1,29 ед. В нашем исследовании у 8 человек (6,1%) были снижены показатели ABI (<0,9 ед.), среди них 1 человек молодого возраста, 5 человек среднего возраста и 2 человека пожилого возраста. Данным лицам было рекомендовано сделать УЗИ нижних конечностей.

Заключение. Таким образом, обследование населения по программе «Паспорт здоровья» продемонстрировало свою высокую диагностическую значимость в выявлении заболеваний на доклинической стадии, позволило оценить наличие факторов риска развития ХНИЗ и сформировать индивидуальные рекомендации по их коррекции с акцентом на дальнейшую программу обследований, реализуемую в учреждениях здравоохранения.

Использование современных методов донозологической диагностики в работе с населением позволяет разработать тактику здоровьесбережения для каждого индивидуума, что повышает приверженность к формированию здорового образа жизни среди населения, способствует коррекции существующих факторов риска для обеспечения активного долголетия.

Список литературы:

1. Руководство по профилактической медицине: в 4 т. / под общ. ред. М. П. Захарченко. Т. 2: Гигиеническая диагностика состояния здоровья. СПб.: Кримас+, 2015.
2. Синякова О.К., Зеленко А.В., Семушина Е.А., Щербинская Е.С. Паспорт здоровья как результат донозологической диагностики. Медицинский журнал. 2018;2:95–99.
3. Heart rate variability Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. European Heart Journal. 1996;17:354–381.
4. Синякова О.К., Зеленко А.В., Щербинская Е.С., Семушина Е.А. Донозологическая диагностика как основа здоровьесберегающей стратегии в организации. Здоровье и окружающая среда: сб. науч. тр. М-во здравоохранения Республики Беларусь. Науч.-практ. центр гигиены; под общ. ред. Н. П. Жуковой; гл. ред. С. И. Сычик. Минск: РНМБ, 2018;28: 112-116.
5. Семушина Е.А., Жилевич Л.А., Сычик Л.М. Возможности метода объемной сфигмографии в выявлении маркеров атеросклеротического поражения артерий у лиц пожилого и старческого возраста. Неотложная кардиология и сердечно-сосудистые риски. 2019;3(2): 751–755.

References:

1. Zaharchenko M.P., chief ed. Guideline to preventive medicine. v. 2: Hygienic diagnostics of health state. St Petersburg: Krismas+; 2015.
2. Siniakova O.K., Zelenko A.V., Semushina E.A., Shherbinskaja E.S. Passport of health as a result of prenosological diagnostics. (*Medical Journal, Minsk, Belarus*). 2018;2:95–9.
3. Semushina E.A., Zhilevich L.A., Sychik L.M. Possibilities of volumetric sphygmography in detection of markers of atherosclerotic arterial involvement in elderly and senile persons *Emergency cardiology and cardiovascular risks*. 2019;3(2): 751–755.
4. Siniakova O.K., Zelenko A.V., Shcherbinskaya E.S., Semushina E.A. Prenosological diagnostics as the basis of health saving strategy in the organization. *Health and environment collect. scient. p. / Ministry of health Republic of Belarus. Scient.-prakt. Centre for Hygiene; under the gen. ed. N. P. Zhukovoj; main. ed. S. I. Sychik. — Minsk: RNMB, 2018;28:112-116.*
5. Heart Rate Variability: Standart of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Applications. *Europ.* 1996;17:354–381.

Поступила/Received: 03.03.2021.

Принята в печать/Accepted:15.03.2021.

УДК 618.2: 613.6: 312

ОХРАНА РЕПРОДУКТИВНОГО ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ – ФАКТОР, СПОСОБСТВУЮЩИЙ УЛУЧШЕНИЮ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

Гайнуллина М.К.¹, Шайхлисламова Э.Р.¹, Каримова Л.К.¹, Терегулов Б.Ф.², Каримова Ф.Ф.¹

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

²ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»

Минздрава России, Уфа, Россия

Охрана репродуктивного здоровья женщин, совмещающих работу с материнством, является одной из проблем гигиены труда.

Материал и методы. Изучены условия труда женщин-работниц нефтехимического производства (НХП) и горно-обогатительного комбината (ГОК), гинекологическая заболеваемость, детородная функция, исходы беременности, состояние новорожденного. Проведена оценка профессиональных рисков нарушений репродуктивного здоровья работниц, контактирующих в процессе трудовой деятельности с вредными производственными факторами.

Результаты. Установлено, что работницы на НХП заняты преимущественно лабораторно-аналитической деятельностью. При отборе проб, проведении анализов женщины-работницы контактировали с комплексом химических веществ (предельные, непредельные и ароматические углеводороды и их производные, соединения серы, углерода, азота и другие вещества), оказывающих на работниц комбинированное воздействие. Кроме того, для женщин-работниц НХП была характерна напряженность трудового процесса, обусловленного сменным характером работы.

На ГОК при обогащении медно-цинковых руд женщины-работницы подвергались сочетанному воздействию вредных производственных факторов в виде пыли полиметаллических руд (аэрозоль преимущественно фиброгенного действия), химических веществ, производственного шума, неблагоприятного микроклимата.

Класс условий труда работниц обоих производств соответствовал вредному - 3.1.

В структуре выявленных заболеваний репродуктивной системы женщин-работниц НХП и ГОК ведущее место занимали воспалительные заболевания матки и придатков, нарушения менструальной функции, инфертильность в браке, доброкачественные новообразования.

Выявлен высокий риск нарушений течения беременности, состояния внутриутробного плода и новорожденного (в основном угроза прерывания беременности, гестоз II половины беременности, гипоксия плода) у работниц, контактирующих с вредными факторами рабочей среды.

Обсуждение. Вредные факторы рабочей среды и трудового процесса на НХП и ГОК вызывали частые заболевания женской половой сферы, осложнения течения беременности и родов, патологии плода и новорожденного. Установлена причинно-следственная связь нарушений репродуктивного здоровья у работниц НХП и ГОК с вредными условиями труда. Относительный риск (RR) репродуктивных нарушений составил более 2,0, а этиологическая доля (EF) превышала 50%, что свидетельствует о высокой степени профессиональной обусловленности этих изменений.

Заключение. Труд женщин на НХП и ГОК представляет угрозу для их репродуктивного здоровья. Полученные данные показали необходимость разработки профилактических мероприятий санитарно-гигиенического, медицинского плана, которые в определенной степени позитивно повлияют на репродуктивное здоровье, что будет способствовать улучшению демографической ситуации.

Ключевые слова: нефтехимическое производство, горно-обоганительный комбинат, обогащение медно-цинковых руд, работницы, условия труда, показатели репродуктивного здоровья.

Для цитирования: М.К. Гайнуллина, Э.Р. Шайхлисламова, Л.К. Каримова, Б.Ф. Терезулов, Ф.Ф. Каримова. Охрана репродуктивного здоровья работников – фактор, способствующий улучшению демографической ситуации. Медицина труда и экология человека. 2021: 1:61-72

Для корреспонденции: Гайнуллина Махмуза Калимовна, главный научный сотрудник, профессор, доктор медицинских наук, e-mail: gainullinatmk@mail.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10106>

PROTECTION OF WORKERS' REPRODUCTIVE HEALTH - A FACTOR PROMOTING THE IMPROVEMENT OF THE DEMOGRAPHIC SITUATION

Gainullina M.K.¹, Shaikhliislamova E.R.¹, Karimova L.K.¹, Teregulov B.F.², Karimova F.F.¹

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

² Bashkirian State Medical University of the Russian Health Ministry, Ufa, Russia

Introduction. The reproductive health protection of women who combine work with motherhood is one of occupational health problems.

Material and methods. We have studied the working conditions of petrochemical and ore mining and processing female workers, gynecological morbidity, fertility, pregnancy outcomes, and the state of the newborn. The assessment of occupational risks for reproductive health disorders of female workers exposed to harmful occupational factors has been carried out.

Results. It has been shown that petrochemical female workers are mainly engaged in laboratory and analytical activities. When taking samples, conducting analyzes, female workers are exposed to a complex of chemicals (saturated, unsaturated and aromatic hydrocarbons and their derivatives, compounds of sulfur, carbon, nitrogen and other substances), which have a combined effect on the workers. In addition, petrochemical female workers are characterized by the intensity of the work environment, due to the shift nature of the work.

During the enrichment of copper-zinc ores, mining female workers are exposed to a combined effect of harmful occupational factors in the form of dust of polymetallic ores (aerosol of predominantly fibrogenic action), chemicals, industrial noise, and an unfavorable microclimate.

The working conditions for female workers in both industries corresponded to harmful Class 3.1.

Inflammatory diseases of the uterus and appendages, menstrual dysfunctions, infertility in marriage, and benign neoplasms ranked first in the structure of the identified diseases of the reproductive system of petrochemical and mining female workers.

A high risk of abnormalities in the course of pregnancy, the state of the intrauterine fetus and the newborn (mainly the threat of abortion, gestosis of the second half of pregnancy, fetal hypoxia) has been revealed in female workers exposed to harmful work environment factors.

Discussion. *Harmful work environment and occupational factors of both industries caused frequent diseases of the female genital area, complications of pregnancy and childbirth, fetal and newborn pathology. A causal relationship has been established between reproductive health disorders in female workers of petrochemical and mining enterprises with hazardous working conditions. The relative risk (RR) of reproductive disorders was more than 2.0, and the etiological proportion (EF) exceeded 50%, which indicates a high degree of work relatedness of these changes.*

Conclusion. *The working conditions of petrochemical and mining women pose a threat to their reproductive health. The data obtained have shown the need to develop preventive measures of a sanitary and hygienic, medical plan, which, to some extent, will have a positive effect on reproductive health, that will contribute to an improvement in the demographic situation.*

Keywords: *petrochemistry, mining and processing plant, enrichment of copper-zinc ores, female workers, working conditions, indicators of reproductive health.*

Citation: *Gainullina M.K., Shaikhlislamova E.R., Karimova L.K., Teregulov B.F., Karimova F.F.. Protection of the reproductive health of workers is a factor contributing to the improvement of the demographic situation. Occupational health and human ecology. 2021: 1:61-72*

Correspondence: *Makhmuza K. Gainullina, Chief Researcher, Professor, DSc. (Medicine), e-mail:gainullinamk@mail.ru.*

Financing: *The study had no financial support.*

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10106>

Национальная безопасность Российской Федерации (РФ), ее обороноспособность, восполнение трудовых ресурсов, которое является главной производительной силой общества, что, в свою очередь, влияет на величину внутреннего валового продукта, напрямую связаны с репродуктивным здоровьем населения.

Усилия государства направлены на охрану материнства и детства, экономическую поддержку семьи, увеличение рождаемости, снижение уровня материнской и младенческой смертности, снижение смертности в трудоспособном возрасте, укрепление здоровья

населения, увеличение продолжительности активной жизни и др., предусмотренный указом Президента Российской Федерации №1351 «Концепция демографической политики России до 2025 г.», национальным проектом «Демография». Охрана репродуктивного здоровья населения - часть государственной политики.

Неблагоприятные производственные факторы могут стать причиной возникновения репродуктивных нарушений у женщин, совмещающих работу с материнством [9, 11, 15, 17, 21]. Из года в год улучшаются условия труда, внедряются новые технологии, осуществляется автоматизация технологических процессов, но остаются факторы малой интенсивности на промышленных предприятиях.

Неблагоприятные факторы рабочей среды и трудового процесса могут оказать общее негативное влияние на все органы и системы человека, привести к срыву адаптационных механизмов организма, вызвать трансформацию в эндокринной системе, нарушения здоровья, в т.ч. в репродуктивной системе женщин-работниц с изменениями менструальной функции, инфертильности в браке, возникновением патологии в течении беременности, родов, проявлением негативного влияния на состояние внутриутробного плода и новорожденного [1, 2, 3, 8, 13, 14, 18, 22, 23, 24, 25, 27].

Значимый урон репродуктивному здоровью женщин, мужчин и их потомству могут нанести ксенобиотики органической и неорганической природы, называемые репродуктивными токсикантами (репротоксиканты), обладающие гонадо-, эмбриотропными и мутагенными свойствами [2, 5, 26, 27].

При сложившейся демографической ситуации в России особую значимость приобретает охрана репродуктивного здоровья населения детородного возраста, в т.ч. женщин, работающих в контакте с вредными факторами рабочей среды и трудового процесса. Для женщин, совмещающих работу с материнством, на промышленных предприятиях и агропромышленном комплексе должны быть созданы оптимальные условия труда, при которых она могла бы не беспокоиться за свое здоровье и будущее потомство. Отсюда проблемой медицины труда становится охрана репродуктивного здоровья женщин, совмещающих работу с материнством [1, 7, 20].

Цель исследования – оценить профессиональные риски нарушений репродуктивного здоровья работниц, занятых в нефтехимической и горнорудной промышленности.

Материал и методы исследований. Исследования проведены на нефтехимическом производстве (НХП) и горно-обогательном комбинате (ГОК).

Уровни вредных производственных факторов исследовали инструментальными измерениями, согласно общепринятым гигиеническим методам [12].

Изучена гинекологическая заболеваемость, детородная функция, исходы беременности на состояние внутриутробного плода и новорожденного у 512 женщин-работниц НХП и 407 женщин-работниц ГОК. Они составили основную группу. Контрольную группу составили 190 (НХП) и 128 (ГОК) женщин, работающих в административно-управленческой службе, вне контакта с вредными производственными факторами.

Данные исследований обработаны при помощи программы Microsoft Excel и прикладной программы Statistica 6.0. При оценке профессионального риска нарушений репродуктивного здоровья работниц НХП и ГОК рассчитали относительный риск (RR) и его этиологическую долю (EF) и степень обусловленности [10].

Результаты и их обсуждение. На НХП производится переработка нефтяного сырья, попутного и природного газа с получением различных нефтехимических продуктов.

Женщины на данном производстве в основном заняты лабораторно-аналитической деятельностью и представлены инженерами-химиками, лаборантами химического анализа, пробоотборщиками и др. В лаборатории НХП работницы проводят анализы, отобранных проб сырья, промежуточных и конечных продуктов.

Токсические вещества загрязняли помещение лабораторий при проведении химических анализов, а также они могли поступать туда с приточным воздухом с промышленных площадок предприятия.

Гигиенические исследования условий труда на НХП показали, что женщины-работницы подвергались сочетанному воздействию факторов – химических веществ и напряженности трудового процесса, обусловленного 3-сменным характером работы.

Обнаруженные ксенобиотики были представлены «букетом» химических веществ, состоящих из предельных, непредельных, ароматических углеводородов и их производных, паров жирных кислот и спиртов, фенола, а также неорганических токсичных соединений углерода, серы, азота и др. Они представляли наибольший профессиональный риск для репродуктивного здоровья работниц и их потомства, т.к. большинство из этих веществ обладают гонадо-, эмбриотропными и мутагенными свойствами.

Известны закономерности о суммации токсического эффекта при одновременном действии химических веществ, а также усилении токсического эффекта при одновременном действии на организм шума, тяжести и напряженности трудового процесса [6].

Гигиеническими исследованиями выявлено, что концентрации химических веществ на НХП были на уровне или ниже предельно допустимой концентрации (ПДК). Нами рассчитана сумма долей от ПДК химических веществ однонаправленного действия - коэффициент суммации ($K_{\text{сумм}}$), который составил больше единицы. Класс условий труда работниц НХП по химическому фактору с учетом наличия в рабочей зоне репродуктивно токсичных веществ, а также напряженности труда, обусловленного трехсменным графиком работы, согласно Р.2.2.2006-05, отнесены к вредному классу - 3.1 [6].

На ГОК работницы были заняты обогащением медно-цинковых руд в профессиях машиниста мельниц и конвейеров, флотатора, аппаратчика сгустителей, растворщика реагентов, оператора пульта дистанционного управления. На рабочих местах женщин-работниц обнаруживались полиметаллическая пыль, представляющая собой аэрозоль преимущественно фиброгенного действия (АПФД), токсичные вещества, состоящие из ксантогената калия и продуктов его распада, сероуглерода, бутилового спирта, сероводорода и др., в сочетании с производственным шумом, превышающим ПДУ на 5-10 децибелл, неблагоприятным микроклиматом.

У машинистов конвейера на рабочих местах превалировала запыленность АПФД, производственный шум. По этим двум факторам класс условий труда является вредным - 3.1. У машинистов мельниц, аппаратчиков сгустителей, фильтровальщиков ведущим производственным фактором на рабочих местах был производственный шум, условия труда характеризовались как вредные – 3.1. Флотаторы, кроме шума, превышающего ПДУ, подвергались воздействию комплекса химических агентов, у которых $K_{\text{сумм}}$ был больше единицы, общая оценка условий труда в данной профессии составила 3.1.

Условия труда женщин-работниц на ГОК во всех профессиях классифицировались как первая степень 3-го класса, что соответствует малой категории профессионального риска.

Независимо от производства женщины-работницы НХК и ГОК трудились во вредных условиях труда - 3.1, при котором факторы рабочей среды и трудового процесса могли сказаться на состоянии репродуктивного здоровья и повлиять на внутриутробный плод и новорожденного [2, 4, 11, 15, 17, 16, 19].

Патология половой системы в основной группе работниц НХП была выявлена в 183,6 случаях на 100 женщин против 175,8 - в группе сравнения ($p > 0,05$), на ГОК – соответственно $215,7 \pm 2,5$ и $162,6 \pm 2,7$ ($p < 0,05$) и носила сочетанный характер. Достоверно чаще у работниц НХП и ГОК отмечены расстройства менструальной функции - $27,1 \pm 1,9$ и $24,5 \pm 2,1\%$, рассчитанный относительный риск нарушений (RR) составил соответственно 4,3 и 4,91, этиологическая доля (EF) - 76,7 и 79,6%, что означает высокую степень профессиональной обусловленности данной патологии (связана с условиями труда); доброкачественные новообразования - соответственно $18,7 \pm 1,7$ и $29,2 \pm 2,3\%$, RR – 2,5 и 1,81, EF - 60,0 и 44,8%, при этом у работниц НХП степень профессиональной обусловленности заболеваний была высокой, ГОК – средней; бесплодием страдали $9,4 \pm 1,3\%$ работниц НХП и $14,2 \pm 1,7\%$ работниц ГОК, RR - 2,2 и 2,25, EF - 54,5 и 55,6%, степень профессиональной обусловленности – высокая.

Детородная функция у работниц НХП характеризовалась своими особенностями: акушерская патология в основной группе была больше, чем в группе сравнения - соответственно 88,9 и 82,5 на 100 беременных, у работниц ГОК - 78,8 и 56,3. Достоверно чаще беременность у работниц НХП и ГОК протекала с угрозой прерывания беременности - соответственно $41,9 \pm 2,7$ и $44,8 \pm 2,1\%$, RR - 1,6 и 2,16, EF - 37,5 и 53,7%. При этом профессиональная обусловленность патологии в первом случае составила среднюю, во втором – высокую степень. Гестозы II половины беременности наблюдались в $48,9 \pm 2,7\%$ случаев у работниц НХП против $30,1 \pm 1,9\%$ - ГОК, RR - соответственно 1,9 и 1,67, EF - 47,4 и 40,1%, что равнялось средней степени профессиональной обусловленности.

Исходы беременности и родов могут отражаться на состоянии внутриутробного плода и новорожденного [13, 16, 19]. Внутриутробная гипоксия плода и новорожденного у работниц НХП диагностирована в $39,1 \pm 2,6\%$, ГОК - $43,0 \pm 2,1\%$ случаев, при этом RR составил соответственно 5,2 и 4,62, EF – 80,8 и 78,3%, что говорит об очень высокой степени профессиональной обусловленности.

Таким образом, вредные факторы рабочей среды и трудового процесса на НХП и ГОК вызывают нарушения репродуктивного здоровья работниц, способствуя развитию частых заболеваний женской половой сферы, осложнений течения беременности и родов, патологий плода и новорожденного. Относительный риск (RR) репродуктивных нарушений составил более 2,0, а этиологическая доля (EF) превышала 50%, что свидетельствует о высокой степени профессиональной обусловленности этих изменений.

Мы рассчитали суммарный относительный риск, этиологическую долю и степень профессиональной обусловленности патологии беременности, отклонений в состоянии здоровья плода и новорожденного работниц НХП (табл. 1).

Таблица 1

Суммарный относительный риск, этиологическая доля и степень профессиональной обусловленности патологии беременности по сравнению с отклонениями в состоянии плода и новорожденных у женщин-работниц НХП

Профессия, класс условий труда до беременности	Патология беременности			Состояние плода и новорожденного		
	RR	EF, %	Степень обусловленности	RR	EF, %	Степень обусловленности
Лаборанты, 3.1	1,7	41,2	средняя	2,7	63,0	высокая

Примечание: RR - относительный риск; EF- этиологическая доля, в %

Из данных, представленных в таблице, видно, что этиологическая доля профессиональных факторов в возникновении патологии плода и новорожденного в 1,5 раза превышает эти показатели у матери. У работниц НХП профессиональная обусловленность патологии течения беременности составила среднюю степень, а у плода и новорожденного – высокую степень.

Эти данные позволяют предположить, что внутриутробный плод наиболее чувствителен к вредным факторам окружающей и производственной среды. Органические химические вещества, обладая липотропными свойствами, свободно проникают через гематоплацентарный барьер и вызывают эмбриотропный эффект [7, 13, 16, 23, 24].

Выявленную патологию внутриутробного плода и новорожденного у работниц, контактирующих с вредными факторами, можно рассматривать как профессионально обусловленные изменения. Их можно верифицировать по Международной классификации болезней 10-го пересмотра (МКБ-10):

- 1) повреждения, вызывающие возникновение неблагоприятных исходов продуктов зачатия: спонтанный аборт или роды мертвым плодом (самопроизвольный аборт – (O 03);
- 2) врожденные пороки развития плода (Q 00-Q 89);
- 3) повреждения плода и новорожденного, обусловленные состояниями матери, которые могут быть не связаны с настоящей беременностью, в т.ч. состояния, обусловленные производственной травмой, отравлением и хроническим профессиональным заболеванием (P 00).

Как установить вклад профессиональных вредностей в возникновение внутриутробных пороков развития плода, которые в дальнейшем будут нуждаться в постоянной государственной поддержке?

Охрана репродуктивного здоровья женщин-работниц, совмещающих труд с материнством, должна предусматривать мероприятия санитарно-гигиенического, медицинского, социального плана, которые в определенной степени будут влиять на улучшение демографической ситуации в части рождаемости. Только здоровая женщина, работающая в оптимальных условиях труда, способна зачать, выносить и родить полноценного здорового малыша, выполнив великую миссию материнства.

Профилактические мероприятия должны обосновываться с учетом большей чувствительности женщин к токсическим агентам (особенно в период беременности).

Женщины в состоянии беременности, а также имеющие заболевания половой сферы, должны состоять на диспансерном учете у акушера-гинеколога. Однако до настоящего

времени диспансеризация работающих женщин проводится без учета условий их труда. Одной из причин является ликвидация промышленной медицины – медсанчастей, которая привела к ухудшению обслуживания работающих лиц. На сегодня здоровьем работающего населения занимаются медицинские организации по месту нахождения предприятий. Участковые врачи, акушеры-гинекологи плохо представляют вредные производственные факторы, которые могут привести к возникновению профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний, в т.ч. в репродуктивной системе.

Профилактические мероприятия по охране репродуктивного здоровья работников с целью улучшения демографической ситуации предусматривают:

- информирование работниц при приеме на работу о потенциальной угрозе ее здоровью и состоянию будущего ребенка неблагоприятных условий труда, с которыми она будет контактировать в процессе трудовой деятельности;
- контроль условий труда женщин-работниц с гигиенической оценкой профессиональных рисков репродуктивному здоровью;
- соблюдение работниками правил по охране труда;
- внедрение мер экономической заинтересованности работодателя за показатели качества охраны труда и состояния здоровья работающих, в т.ч. женщин детородного возраста;
- разработку корпоративных программ по бережному отношению работника к собственному здоровью в процессе трудовой деятельности;
- обеспечение рационального трудоустройства беременных женщин на оптимальные условия труда;
- формирование у работниц тенденций к здоровому образу жизни, обеспечение рационального сбалансированного питания, исключение вредных привычек: курение, употребление алкоголя и наркотиков;
- своевременное обращение за медицинской помощью, выполнение медицинских рекомендаций.

Список литературы:

1. Айламазян Э.К. Проблема охраны репродуктивного здоровья женщин в условиях экологического кризиса. Медицинский академический журнал. 2005;5(2):47-58.
2. Александров Ю.В., Горюнова Т.В., Евдокимова Л.М. Особенности течения беременности у женщин, работающих в химическом производстве. Профилактика нарушений репродуктивного здоровья от профессиональных и экологических факторов риска: материалы Международного конгресса. Волгоград, 2004:43-44.
3. Аманжол И.А., Таткеев Т.А., Жарылкасын Ж.Ж. Условия труда и состояние здоровья рабочих горно-обогатительного предприятия. Профессия и здоровье: материалы V Всероссийского конгресса. М.: Дельта, 2006:61-62.
4. Гайнуллина М.К., Шайхлисламова Э.Р., Лозовая Е.В., Каримова Л.К. Элементный состав биологических сред работниц как критерий загрязнения производственной среды горно-обогатительной фабрики. Санитарный врач. 2018;9:39-45.
5. Гигиеническая оценка вредных производственных факторов и производственных процессов, опасных для репродуктивного здоровья человека: методические рекомендации №11-8/240-09. Экологический вестник России. 2004;8:12-21.

6. Гигиеническая оценка факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: Руководство. Р.2.2.2006-05.- М.: Роспотребнадзор; 2005.
7. Гигиенические требования к условиям труда женщин. СанПиН 2.2.0.555-96. – М.: Минздрав РФ; 1997.
8. Давыденко Л.А. Состояние менструальной функции девушек, проживающих в районах с разной антропогенной нагрузкой. Профилактика нарушений репродуктивного здоровья от профессиональных и экологических факторов риска: материалы Международного конгресса. Волгоград, 2004:110-111.
9. Даутов Ф.Ф., Тухватуллина Л.М., Черепанова Е.Н. Репродуктивное здоровье женщин на территориях города с разным уровнем антропогенной нагрузки. Гигиена и санитария. 2009;2:17-20.
10. Денисов Э.И., Чесалин П.В. Профессионально обусловленная заболеваемость и ее доказательность. Медицина труда и промышленная экология. 2007;10:1-9.
11. Каримова Л.К., Гайнуллина М.К., Гребенева О.В., Шайхлисламова Э.Р., Маврина Л.Н., Сембаев Ж.Х. и др. О состоянии условий труда работниц горно-обогатительной фабрики. Гигиена труда и медицинская экология. 2017;1:22-29.
12. Кириллов В.Ф. Руководство по гигиене труда. - М.: Медицина; 2001.
13. Маслова М. В., Маклакова А. С., Школьников М. В. Гипоксия новорожденных как механизм и проявление опасных экотоксикологических эффектов при экологическом неблагополучии и химических катастрофах и авариях. Здоровье и химическая безопасность на пороге XXI века: материалы Международного симпозиума. СПб., 2000:94-95.
14. Межевитинова Е.А., Ревазова Ф.С., Кузьмин А.А. Нарушения менструального цикла и дюфастон. Гинекология: журнал для практических врачей. 2006;8(2):21-22.
15. Никитин А.И. Вредные факторы среды и репродуктивная система человека (ответственность перед будущими поколениями). СПб.: «ЭЛБИ-СПб», 2005.
16. Полянчикова О.Л. Частота и структура факторов риска задержки развития плода у беременных женщин. Дальневосточный медицинский журнал. 2009;2:54-57.
17. Производственные вредности и репродуктивная функция. Краткие заметки. Хроника ВОЗ. 2006;40(4):731-733.
18. Ракитский В.Н., Бакиров А.Б. Профессиональные риски нарушений здоровья работников, занятых добычей и переработкой полиметаллических руд. Уфа-М., 2016:337.
19. Сайченко С.П., Солобоева Ю.И., Плотко Э.Г. Перинатальные поражения ЦНС у детей в условиях экологического неблагополучия. Медицина труда и промышленная экология. 2000;3:21-24.
20. Сивочалова О.В., Фесенко М.А., Голованева Г.В. Охрана репродуктивного здоровья работников – актуальная проблема медицины труда в современных условиях. Материалы II Всерос. съезда врачей-профпатологов. Ростов н/Д., 2006:86-88.
21. Сивочалова О.В., Фесенко М.А., Гайнуллина М.К., Денисов Э.И., Голованева Г.В. Профессиональный риск репродуктивных нарушений, проблемы и принципы прогнозирования их у работников при воздействии химических факторов. Современные проблемы гигиены и медицины труда: материалы Всерос.

- конференции с международным участием. Уфа, 2015:422-429.
22. Якупова А.Х. Гормональный статус работниц, занятых на производстве органического синтеза: Материалы IX Всероссийского конгресса «Профессия и здоровье» и IV Всероссийского съезда врачей-профпатологов. Москва, 2010:575-577.
 23. Agarwal A. Role of free radicals in female reproductive diseases and assisted reproduction. *ReprodBiomedOnline*. 2004;9(3):338-47.
 24. Bonzini, M., Coggon D., Palmer K. Risk of prematurity, low birthweight and pre-eclampsia in relation to working hours and physical activities: a systematic review. *Occup. Environ. Med.* 2007;64(4):219-238
 25. Fujii J., Iuchi Y., Okada F. Fundamental roles of reactive oxygen species and protective mechanisms in the female reproductive system *Reproductive biology and Endocrinology*. 2005:33-43.
 26. Kennedy M. S. Pregnancy and Chemicals Don't Mix. *II Amer. J. Nursing*. 2005;105(2):16-20.
 27. Reutman Susan R., Le Masters Grace Kawas, Knecht Edwin A. Evidence of reproductive endocrine effects in women with occupational fuel and solvent exposures. *Environ. HealthPerspect.* 2002;8:805-811.

References:

1. Ailamazyan E.K. The problem of protecting the reproductive health of women in the context of the environmental crisis. *Medical academic journal*. 2005; Vol. 5 (2): 47-58.
2. Alexandrov Yu.V., Goryunova T.V., Evdokimova L.M. Specificities of the course of pregnancy in chemical women. Prevention of reproductive health disorders from occupational and environmental risk factors: proceedings of the International Congress. Volgograd, 2004. 43 - 44.
3. Amanzhol I.A., Tatkeev T.A., Zharylkasyn Zh.Zh. Working conditions and health status of workers of the mining and processing enterprise. *Occupation and health: proceedings of the V All-Russian Congress (October 30 – November 2, 2006, Moscow)*. M.: Delta, 2006. 61–62.
4. Gainullina M.K., Shaikhlislamova E.R., Lozovaya E.V., Karimova L.K. The elemental composition of the biological media of female workers as a criterion for the pollution of the work environment of a mining and processing plant. *Sanitary doctor* No. 9. 2018. 39 - 45.
5. Hygienic assessment of harmful occupational factors and work environment hazards to human reproductive health. *Methodical recommendations* No. 11-8 / 240-09. *Ecological Bulletin of Russia*. 2004. No. 8. 12 - 21.
6. Hygienic assessment of the factors of the work environment and the work environment. *Criteria and classification of working conditions: Guide*. R.2.2.2006-05.-M.: Rospotrebnadzor, 2005. 137 p.
7. Hygienic requirements for the working conditions of women. *SanPiN 2.2.0.555-96*. - M., - Russian Health Ministry. 1997. -34 p.
8. Davydenko L.A. The state of the menstrual function of girls living in areas with different anthropogenic load. Prevention of reproductive health disorders from occupational and environmental risk factors: proceedings of Intern. Congress. Volgograd, 2004.110 - 111.

9. Dautov, F.F., Tukhvatullina L.M., Cherepanova E.N. Reproductive health of women in urban areas with different levels of anthropogenic load. Hygiene and sanitation. 2009. No. 2. 17 - 20.
10. Denisov E.I., Chesalin P.V. Work related morbidity and its evidence. Occupational health and industrial ecology. 2007;10:1-9.
11. Karimova L.K., Gainullina M.K., Grebeneva O.V., Shaikhislamova E.R., Mavrina L.N., Sembaev Zh.Kh., Beigul N.A. On the state of the working conditions of mining workers. Occupational health and medical ecology. Karaganda. 2017;1:22 - 29.
12. Kirillov V.F. Occupational hygiene manual / ed. V.F. Kirillov. - M.: Medicine, 2001:398 p.
13. Maslova M.V., Maklakova A.S., Shkolnikov M.V. Neonatal hypoxia as a mechanism and manifestation of hazardous ecotoxicological effects in environmental problems and chemical catastrophes and accidents. Health and Chemical Safety on the Threshold of the XXI Century: Proceedings of the International Symposium. - Saint Petersburg., 2000:94 - 95.
14. Mezhevitinova E.A., Revazova F.S., Kuzmin A.A. Menstrual irregularities and dyufaston. Gynecology: A Journal for Practitioners. 2006;8(2):21-22.
15. Nikitin A.I. Harmful environmental factors and the human reproductive system (responsibility to future generations). A.I. Nikitin. SPb.: "ELBI-SPb", 2005:216 p.
16. Polyanchikova O.L. Frequency and structure of risk factors for fetal growth retardation in pregnant women. Far Eastern medical journal. Khabarovsk, 2009. No. 2. 54- 57.
17. Occupational hazards and reproductive function. Brief notes. Chronicle of the WHO. 2006;40(4):731-733.
18. Occupational health risks of workers engaged in the extraction and processing of polymetallic ores / ed. V.N. Rakitsky, A.B. Bakirov. - Ufa-Moscow, 2016:337 p.
19. Saychenko S.P., Soloboeva Yu.I., Plotko E.G. Perinatal lesions of the central nervous system in children under harmful environmental conditions. Occupational health and industrial ecology. 2000;3:21-24.
20. Sivochalova O.V., Fesenko M.A., Golovaneva G.V. The protection of the reproductive health of workers is an urgent problem of occupational health in modern conditions. Proceedings of the II All-Russian congress of occupational pathologists. Rostov n / D. 2006:86-88.
21. Sivochalova O.V., Fesenko M.A., Gainullina M.K., Denisov E.I., Golovaneva G.V. Occupational risk of reproductive disorders, problems and principles of predicting them in workers exposed to chemical factors. Modern problems of occupational hygiene and medicine: proceedings of the All-Russian conferences with international participation. Ufa, 2015:422-429.
22. Yakupova A.Kh. The hormonal status of organic synthesis female workers. Proceedings of the IX All-Russian Congress "Occupation and Health" and the IV All-Russian Congress of Occupational Pathologists. Moscow.M., 2010;November 24-26:575-577.
23. Agarwal A. Role of free radicals in female reproductive diseases and assisted reproduction. ReprodBiomedOnline. 2004;9(3):338 - 47.
24. Bonzini, M., Coggon D., Palmer K. Risk of prematurity, low birthweight and pre-eclampsia in relation to working hours and physical activities: a systematic review. Occup. Environ. Med. 2007;64(4):219-238

25. Fujii J., Iuchi Y., Okada F. Fundamental roles of reactive oxygen species and protective mechanisms in the female reproductive system *Reproductive biology and Endocrinology*. 2005:33-43.
26. Kennedy M. S. Pregnancy and Chemicals Don't Mix. *II Amer. J. Nursing*. 2005;105(2):16 - 20.
27. Reutman Susan R., Le Masters Grace Kawas, Knecht Edwin A. Evidence of reproductive endocrine effects in women with occupational fuel and solvent exposures. *Environ. Health Perspect*. 2002;8: 805–811.

Поступила/Received: 19.02.2021

Принята в печать/Accepted: 04.03.2021

УДК 613.6+[666.198:54-138]

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ РИСК ЗДОРОВЬЮ РАБОТНИКОВ, ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ АЭРОЗОЛЕЙ ИСКУССТВЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Гутич Е.А.¹, Косяченко Г.Е.¹, Сычик Л.М.²

¹Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены»,
Минск, Республика Беларусь

²УО «Белорусский государственный медицинский университет»,
Минск, Республика Беларусь

На основе анализа материалов комплексной гигиенической оценки условий труда, данных лабораторного контроля факторов производственной среды, аттестации рабочих мест по условиям труда, изучения состояния здоровья работников, подвергающихся воздействию искусственных минеральных волокон, определены факторы производственной среды, значимые для формирования уровней профессионального риска.

Оценка структуры и уровней заболеваемости с временной утратой трудоспособности (далее – ВУТ), а также расчет индекса профессионального риска здоровью позволили определить степень профессиональной обусловленности выявленной патологии и необходимость принятия профилактических мер на производстве.

Ключевые слова: производство минеральной ваты, искусственные минеральные волокна, промышленные аэрозоли, условия труда, заболеваемость, профессиональный риск, профессионально обусловленные заболевания, динамика заболеваемости, комплексная гигиеническая оценка условий труда.

Для цитирования: Гутич Е.А., Косяченко Г.Е., Сычик Л.М. Профессиональный риск здоровью работников, подвергающихся воздействию аэрозолей искусственных минеральных волокон. Медицина труда и экология человека. 2020: 1:73-80

Для корреспонденции: Гутич Екатерина Андреевна – заведующий лабораторией гигиены труда республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр гигиены», e-mail: ekhutsich@gmail.com.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках отраслевой научно-технической программы «Здоровье и среда обитания», финансируемой Министерством здравоохранения Республики Беларусь и республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр гигиены».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10107>

PROFESSIONAL RISK TO HEALTH OF EMPLOYEES EXPOSED TO AEROSOLS OF MAN-MADE MINERAL FIBERS

Kosiachenko G.E.¹, Hutsich E.A.¹, Sychik L.M.²

¹Republican unitary enterprise «Scientific Practical Center of Hygiene», Minsk, Republic of
Belarus

²Belarusian State Medical University,
Minsk, Republic of Belarus

Based on the analysis of materials of a comprehensive hygienic assessment of working conditions, data from laboratory monitoring of factors of occupational health hazards, certification of workplaces, studying the health status of workers exposed to man-made mineral fibers, the working environment factors that are important for the formation of occupational risk levels are determined.

Assessment of the structure and levels of morbidity with temporary disability and calculation of the occupational health risk index made it possible to determine the degree of occupational conditioning of the identified pathology and the need for preventive measures at work.

Keywords: *mineral wool production, man-made mineral fibers, industrial aerosols, working conditions, morbidity, occupational risk, occupationally related diseases, rate of morbidity change, comprehensive hygienic assessment of working conditions*

Citation: *Kosyachenko G.E., Gutich E.A., Sychik L.M. Occupational health risk of workers exposed to aerosols of artificial mineral fibers. Occupational health and human ecology. 2020: 73-80*

Correspondence: *Ekaterina A. Gutich - Head of the Laboratory of Occupational Health of the Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center for Hygiene", e-mail: ekhutsich@gmail.com.*

Financing. *The study was carried out within the framework of the sectoral scientific and technical program "Health and Habitat", financed by the Ministry of Health of the Republic of Belarus and the Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center for Hygiene".*

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10107>

Промышленные аэрозоли традиционно занимают ведущее место в числе неблагоприятных факторов производственной среды для многих профессиональных групп работников. Формирующиеся при длительном профессиональном воздействии минеральных аэрозолей пылевые заболевания легких характеризуются широкой распространенностью патологии и, как правило, тяжелым, необратимым течением, приводящим к инвалидизации. Стоит также отметить, что вне зависимости от отраслей промышленности, специфики технологических процессов, определяющих характер и условия трудовой деятельности в промышленном секторе экономики и сельском хозяйстве, пылевая патология является в настоящее время наиболее распространенным фактором профессионального риска здоровью работников [1, 2].

Несмотря на структурную перестройку ведения промышленного и строительного производства, внедрение систем комплексной автоматизации технологических процессов, компьютеризацию работ и переоснащение, обновление парка оборудования и транспортных средств, удельный вес работников, занятых в условиях воздействия пылевого фактора, во всем мире остается стабильно высоким и составляет, по данным МОТ, до 25% [3].

Среди промышленных пылей аэрозоли искусственных минеральных волокон занимают особое место в гигиенических исследованиях и клинической практике, т.к. их использование в производстве сопряжено со значительными профессиональными рисками здоровью работающих, в том числе канцерогенными.

Материал и методы. Исследования выполнены на базе крупнейшего в Республике Беларусь производственного предприятия по выпуску теплоизоляционных плит из минеральной (каменной) ваты на основе базальтового волокна – ОАО «Гомельстройматериалы».

Для проведения комплексной гигиенической оценки условий труда использованы результаты лабораторного контроля, аттестации рабочих мест по условиям труда и результаты собственных измерений параметров факторов условий труда.

Заболеваемость с ВУТ изучена за период 2012-2016 гг. Для определения производственной обусловленности выявленной соматической патологии сформирована основная группа работников цеха по производству теплоизоляционных материалов (цех № 1) и группа сравнения (условный контроль) – работники цеха по производству блоков из ячеистого бетона (цех №2).

Анализ заболеваемости с ВУТ и оценка статистической значимости различий исследуемых показателей ВН проводились в соответствии с МУ № 112-9911-99 «Углубленный анализ заболеваемости с временной утратой трудоспособности» [4].

Относительный риск (ОР), 95 % доверительный интервал ОР, этиологическая доля рассчитаны в соответствии с Инструкцией по применению № 062-1109 «Критерии оценки и показатели производственно обусловленной заболеваемости для комплексного анализа влияния условий труда на состояние здоровья работников, оценки профессионального риска» [5].

Статистическая обработка и анализ полученных данных проводились с использованием пакета статистических программ STATISTICA 13.

В качестве критериев нормальности распределения признаков в изучаемых группах использовали критерии Колмогорова-Смирнова, Лиллиефорса и Шапиро-Уилка [6].

Расчет доверительных интервалов для частот и долей произведен по методу Вальда [7].

Для сравнения двух независимых групп по количественным признакам, распределение которых отличное от нормального, использовали критерий Манна-Уитни. Значимость различий частот в двух независимых группах оценена при помощи критерия Хи-квадрат [6].

Для оценки многолетнего движения заболеваемости использован метод расчета темпов роста и темпов прироста по средней геометрической [8].

Критическое значение уровня значимости (p) при проверке статистических гипотез принималось за 0,05 [6].

Результаты и обсуждение. Проведение комплексной гигиенической оценки условий труда позволило установить следующее. Условия труда на рабочих местах 16 из 17 профессиональных групп работников цеха по производству теплоизоляционных материалов оценены как вредные 1-3 степени, в том числе условия труда по 13 профессиональным группам соответствуют классу 3.2, у двух профессиональных групп – классу 3.3. и у одной – классу 3.1 (табл. 1).

Таблица 1

Комплексная гигиеническая оценка условий труда работников цеха по производству теплоизоляционных материалов

Наименование рабочего места	Факторы производственной среды и трудового процесса								Общая оценка
	Химический	Пыли, аэрозоли	Шум	Электромагнитное излучение	Микроклимат	Освещенность	Тяжесть	Напряженность	
Р.м. вагранщика	3.3	2	3.2	1	3.1	2	2	2	3.3
Р.м. сортировщика (упаковщика) теплоизоляционных материалов	3.2	2	2	1	2	2	2	2	3.2
Р.м. слесаря-ремонтника	3.2	2	2	1	2	2	2	2	3.2
Р.м. слесаря по обслуживанию и ремонту газоиспользующего оборудования	3.2	2	3.1	1	2	2	2	2	3.2
Р.м. газовщика	3.2	2	3.1	1	2	2	2	2	3.2
Р.м. оператора линии по производству минераловатных изделий	2	1	2	2	2	2	1	2	2
Р.м. уборщика производственных помещений	3.2	2	2	1	2	2	2	2	3.2
Р.м. начальника смены	3.2	2	2	1	2	2	2	2	3.2
Р.м. просевщика	1	3.1	3.1	1	2	2	2	2	3.1
Р.м. бункеровщика	3.3	3.1	3.1	1	2	2	1	2	3.3
Р.м. смесительщика	3.2	2	2	1	2	2	1	2	3.2
Р.м. шихтовщика	3.2	2	2	1	2	2	1	2	3.2
Р.м. чистильщика	3.2	2	3.1	1	2	2	2	2	3.2
Р.м. машиниста вентиляционных и аспирационных установок	3.2	2	3.1	1	2	2	2	2	3.2

Р.м. электромонтера по ремонту и обслуживанию электрооборудования	3.2	2	2	1	2	2	2	2	3.2
Р.м. слесаря по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования	3.2	2	2	1	2	2	2	2	3.2
Р.м. слесаря-сантехника	3.2	2	2	1	2	2	2	2	3.2

Ведущими вредными факторами производственной среды, определяющими итоговый класс условий труда, являются химический фактор, содержание пылей и аэрозолей преимущественно фиброгенного действия в воздухе рабочей зоны и производственный шум.

Целый ряд химических веществ, выделяющихся в воздух рабочей зоны цеха теплоизоляционных изделий, обладают однонаправленным типом действия. Данные производственного лабораторного контроля свидетельствуют о том, что на рабочих местах фиксируются единичные превышения содержания пыли кремнийсодержащей, фенола, формальдегида и дижелеза триоксида на отдельных рабочих местах, при этом значения коэффициентов суммации вредных веществ в воздухе рабочей зоны для большинства рабочих мест превышают единицу в различных вариантах комбинации веществ, что и обуславливает вредный класс условий труда по данному фактору.

Содержание искусственных минеральных волокон в воздухе рабочей зоны по показателям массы взвешенных частиц не превышает гигиенических нормативов и колеблется от $0,60 \pm 0,079$ мг/м³ до $1,36 \pm 0,323$ мг/м³ на разных стадиях технологического процесса.

Работа технологического оборудования поточной линии является источником непостоянного шума на рабочих местах цеха. Гигиеническая оценка данного фактора показала, что эквивалентные уровни звука у 7 из 17 профессиональных групп не соответствуют санитарно-эпидемиологическим требованиям и превышают гигиенические нормативы на 2-14 дБА, что соответствует классам условий труда 3.1 и 3.2.

Изучение условий труда работников производства минераловатных плит также свидетельствует о том, что параметры микроклимата в течение всей рабочей смены в целом не являются существенным фактором производственной среды. Однако использование в технологическом процессе термообработки плит может значительно влиять на температуру воздуха, относительную влажность, обуславливать наличие инфракрасного излучения на отдельных рабочих местах.

Немаловажной для комплексной гигиенической оценки условий труда является оценка факторов трудового процесса работников. В ходе исследования установлено, что тяжесть трудового процесса основных профессий производства теплоизоляционных материалов на основе искусственных минеральных волокон определяется главным образом региональной и общей физической динамической нагрузкой, подъемом грузов с их перемещением с рабочей поверхности и пола, локальной нагрузкой, связанной со стереотипными рабочими движениями, статической нагрузкой, нахождением в рабочей

позе стоя от 30 до 60% времени смены, наклонами корпуса, перемещениями в пространстве. При этом показатели тяжести трудового процесса на всех рабочих местах не превышают гигиенических нормативов и условия труда по данному показателю соответствуют классам 1 и 2. Напряженность трудового процесса всех профессиональных групп соответствует допустимому классу условий труда.

В целях оценки влияния факторов условий труда и трудового процесса на здоровье работников проведен анализ динамических процессов и структуры заболеваемости с ВУТ и оценка профессионального риска здоровью.

Показатели заболеваемости с ВУТ работников цеха по производству теплоизоляционных изделий в динамике за изучаемый пятилетний период имеют тенденцию к снижению: число случаев ВН уменьшилось на 22,3 % со 102,3 (95 % ДИ 88,78-115,89) случаев на 100 работающих до 72,4 (95 % ДИ 60,87-83,89), число дней ВН - на 10,0 % с 843,5 (95 % ДИ 617,44-1069,48) дней на 100 работающих до 639,5 (95 % ДИ 466,53-812,52).

В группе сравнения определены достоверно более высокие уровни за весь пятилетний период по случаям ВН – на 15,0% ($t = 2,73$, $p < 0,05$), по дням ВН – на 24,3% ($t = 2,39$, $p < 0,05$) и по ИП – на 19,6% ($t = 5,20$, $p < 0,05$). При этом показатели заболеваемости по классу болезней органов дыхания в цехе №1 также превышают показатели в цехе №2 по случаям ($t = 3,04$, $p < 0,05$), календарным дням ($t = 3,21$, $p < 0,05$) и ИП ($t = 14,64$, $p < 0,05$), а расчет относительного риска и этиологической доли по количеству болевших лиц (ОР 1,20 [1,04; 1,38], ЭД 16,5%) свидетельствует о непосредственном влиянии условий труда в основной группе на развитие заболеваний органов дыхания.

Относительный риск и этиологическая доля по дням ВН (ОР 1,24 [1,12; 1,38], ЭД 19,6%) и количеству болевших лиц (ОР 1,17 [1,09; 1,26], ЭД 14,8%) демонстрируют достоверное превышение уровней заболеваемости с ВУТ в основной группе по сравнению с группой условного контроля. Рассчитанный индекс профессионального риска равен 3 и характеризует профессиональный риск в основной группе как умеренный, требующий специальных мер по его снижению, но без необходимости их немедленного проведения. При этом уровень потери профессионального здоровья за среднемноголетний период в основной группе составил 32,3% (существенный, 3 класс), что выше уровня в группе контроля – 14,9% (допустимый, 2 класс) ($\chi^2 = 523,9$, $p < 0,00001$, Chi-square).

Заключение. В ходе производства теплоизоляционных материалов на основе базальтового волокна на работников воздействует целый ряд неблагоприятных факторов производственной среды, однако наиболее значимым в формировании итоговой оценки условий труда на данном производстве являются химический, пылевой фактор и производственный шум. Важно отметить, что однонаправленность действия вредных химических веществ, лабораторно регистрируемых в воздухе рабочей зоны данного производства, определяет выраженное действие этого фактора на работников и требует учета этих особенностей действия как при планировании и проведении производственного лабораторного контроля, так и при комплексной гигиенической оценке условий труда.

Оценка структуры и уровней заболеваемости с ВУТ, а также расчет индекса профессионального риска здоровью свидетельствуют о значительном влиянии неблагоприятных производственных факторов на здоровье работников данного производства, что требует разработки целенаправленных мер профилактики.

Список литературы:

1. Barnes H., Goh N.S.L., Leong T.L., Hoy R. Silica-associated lung disease: An old-world exposure in modern industries. *Respirology*. 2019;24:1165–1175.
2. Хамракулова М. А., Хаширбаева Д. М., Ахмедова Д. Б. Профессиональные болезни, вызываемые воздействием промышленной пыли (пневмокозиозы). *Авиценна*. Т. 1. 2016; (9):35-37.
3. Working conditions in a global perspective. Eurofound and International Labour Organization. 2019. Publications Office of the European Union, Luxembourg, and International Labour Organization, Geneva.
4. Углубленный анализ заболеваемости с временной утратой трудоспособности работающих: метод. указания: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь, 30 нояб. 1999 г., № 112-9911. Сборник официальных документов по медицине труда и производственной санитарии. Респ. центр гигиены и эпидемиологии, Науч.-исслед. ин-т санитарии и гигиены. Ч. 8. Минск, 2001:79–100.
5. Критерии оценки и показатели производственно обусловленной заболеваемости для комплексного анализа влияния условий труда на состояние здоровья работников, оценки профессионального риска: инструкция по применению: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь, 24 нояб. 2009 г., рег. № 062-1109 / разработ.: Р. Д. Клебанов [и др.]. Минск, 2009:33.
6. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. М.: Медиасфера, 2006:312.
7. Гржибовский А.М. Доверительные интервалы для частот и долей. *Экология человека*. 2008;5:57–60.
8. Матвеева Н.Н., Неустроева В.И. Основы моделирования прогноза показателей. *Молодой ученый*. 2017;24 (158):119–120.

References:

1. Barnes H, Goh N.S.L., Leong, T.L., Hoy R. Silica-associated lung disease: An old-world exposure in modern industries. *Respirology*. 2019;24:1165–1175. DOI:10.1111/resp.13695.
2. Hamrakulova M. A., Hashirbaeva D. M., Ahmedova D. B. Occupational Diseases caused by industrial dust (pneumoconiosis) // *Avicenna*. 2016;1(9):35-37 (in Russian).
3. Working conditions in a global perspective // Eurofound and International Labour Organization. 2019. Publications Office of the European Union, Luxembourg, and International Labour Organization, Geneva.
4. In-depth analysis of morbidity with temporary disability of workers: guidelines: approved Ministry of Health of the Republic of Belarus, 30 November 1999, No 112-9911. In: Collection of official documents on occupational medicine and industrial sanitation. Minsk, 2001;8:79–100. (in Russian).
5. Klebanov R.D. et al. Evaluation criteria and indicators of production-related morbidity for a comprehensive analysis of the impact of working conditions on the health status of workers, assessment of occupational risk: instructions for use: approved Ministry of Health of the Republic of Belarus, Minsk. 2009;24 November:1062-1109. (in Russian).

6. Rebrova O.Yu. Statistical analysis of medical data. Application of the STATISTICA application package. Moscow: Media Sphere; 2006. (in Russian).
7. Grzhibovsky A.M. Confidence intervals for frequencies and fractions. Human Ecology. 2008;5:57–60. (in Russian).
8. Matveeva N.N., Neustroeva V.I. Fundamentals of modeling forecast indicators. Young scientist. 2017;24 (158):119–20. (in Russian).

Поступила/Received: 15.01.2021

Принята в печать/Accepted:19.02.2021

УДК 616.441:665.71:618.2

СОСТОЯНИЕ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ЛАБОРАНТОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА, ВЗАИМОСВЯЗЬ НАРУШЕНИЙ С ИХ РЕПРОДУКТИВНЫМ ЗДОРОВЬЕМ

Ирмякова А.Р.¹, Гайнуллина М.К.², Чурмантаева Г.Х.², Курбангалеева Р.Ш.²

¹ФКУ ЦВКГ им. П.В. Мандрыка Минобороны РФ, Москва, Россия

²ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

Изучено состояние щитовидной железы (ЩЖ) по данным клинического осмотра, ультразвукового исследования (УЗИ), уровня гормонов и антител к тиреоидной пероксидазе, гинекологического осмотра лаборантов нефтехимического комплекса (НХК). Получены данные по распространенности заболеваний ЩЖ и репродуктивной системы у работниц НХК, которые были обусловлены условиями труда. Токсические вещества, с которыми в процессе трудовой деятельности контактируют лаборанты НХК, не обеспечивают безопасности их здоровью и являются факторами профессионального риска.

Ключевые слова: нефтехимический комплекс, лаборанты, патология щитовидной железы, состояние репродуктивного здоровья, взаимосвязь нарушений.

Для цитирования: А.Р. Ирмякова, М.К. Гайнуллина, Г.Х. Чурмантаева, Р.Ш. Курбангалеева. Состояние щитовидной железы у лаборантов нефтехимического производства, взаимосвязь нарушений с их репродуктивным здоровьем. Медицина труда и экология человека. 2021; 1:81-92

Для корреспонденции: Гайнуллина Махмуза Калимовна, доктор медицинских наук, профессор, главный научный сотрудник отдела медицины труда Уфимского научно-исследовательского института медицины труда и экологии человека, e-mail: gainullinamk@mail.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10108>

THE STATE OF THE THYROID GLAND IN PETROCHEMICAL LABORATORY TECHNICIANS, THE RELATIONSHIP OF DISORDERS WITH THEIR REPRODUCTIVE HEALTH

¹Irmyakova A.R., ²Gainullina M.K., ²Churmantaeva G.Kh., ²Kurbangaleeva R.Sh.

¹The Mandryk CMCH of the Russian Defence Ministry, Moscow;

²Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

We have studied the state of the thyroid gland (TG) according to the clinical examination findings, ultrasound examination (US), the level of hormones and antibodies to thyroid peroxidase, gynecological examination of laboratory assistants of the petrochemical complex (PCC). Data on the prevalence of work-related occupational thyroid diseases and the reproductive system in female petrochemical workers have been obtained. Petrochemical laboratory assistants are

exposed to work-related toxicants that do not ensure their health safety and are occupational risk factors.

Keywords. *Petrochemical complex, laboratory assistants, thyroid pathology, reproductive health, interrelation of disorders.*

Citation: *Irmyakova A.R., Gainullina M.K., Churmantaeva G.Kh., Kurbangaleeva R.Sh. The state of the thyroid gland in petrochemical laboratory technicians, the relationship of disorders with their reproductive health. Occupational health and human ecology. 2021: 1: 81-92*

Correspondence: *Makhmuza K. Gainullina, DSc (Medicine), Professor, Chief Researcher at the Occupational Health Department of the Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, e-mail: gainullinamk@mail.ru.*

Financing: *The study had no financial support.*

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10108>

Важнейшим органом эндокринной системы человека является щитовидная железа (ЩЖ), которая обеспечивает адаптацию организма к изменяющимся условиям внутренней и внешней среды [4, 10, 27].

Гормоны ЩЖ играют значительную роль в жизни человека. Они участвуют в эмбриогенезе в формировании органов и систем, способствуют росту и развитию мозга плода, интеллекта ребенка, влияют на энергетический и углеводный обмен, клеточное дыхание, синтез белков, иммунную систему. Тиреоидные гормоны обеспечивают постоянство внутренней среды, влияют на процессы роста и созревания скелетной системы, а также обуславливают изменения в репродуктивной системе [4, 10, 16, 20, 30]. По мнению ряда ученых, в патогенезе нарушений репродуктивного здоровья тиреоидная патология имеет место в 35-40% случаях. В частности, гипотиреоз, тиреотоксикоз могут обусловить снижение фертильности у женщин, вплоть до бесплодия и явиться фактором риска невынашивания беременности, аномалий развития плода [20, 23, 25, 29, 31, 32, 33].

Среди тиреоидной патологии наиболее распространенным являются йоддефицитные заболевания (ЙДЗ). Причиной формирования заболеваний ЩЖ может быть недостаток йода, обусловленный геохимическими факторами [6, 11, 24]. К йододефицитным регионам (эндемичным по зобу) относится и Республика Башкортостан. Регион по выраженности йодного дефицита расценивается как средней тяжести (медиана концентрации йода в моче составляет 35 мкг/л).

Имеет место влияние струмогенных факторов, относящихся к «естественным» зобогенам, содержащимся в овощах и воде. Постоянное употребление большого количества маниоке, сладкого картофеля, кукурузы, табака, содержащих цианогенные гликозиды, растений из семейства крестоцветных, содержащих тиоцианаты и изотиоцианаты (белокачанная, брюссельская и цветная капуста, брокколи, репа, рапс, хрен и др.), может привести к патологии щитовидной железы. Под влиянием этих веществ, содержащихся в продуктах питания, происходит ингибирование захвата йода щитовидной железой и стимуляции его высвобождения [1, 22, 28]. Этиологическим фактором возникновения патологии ЩЖ могут быть генетические нарушения и др.

Все зобогены, с разной степенью интенсивности, способны блокировать функцию ЩЖ и вызывать ее рост, в том числе активировать секрецию тиреотропного гормона (ТТГ). Некоторые лекарственные средства могут блокировать функцию ЩЖ (тиреостатики).

Зобогены преимущественно промышленного происхождения - это неблагоприятные производственные факторы, в первую очередь, поллютанты (загрязнители), которые могут оказать отрицательное влияние на функции ЩЖ, вызывая нарушение биосинтеза тиреоидных гормонов, что впоследствии может привести к возникновению гипотироксинемии и развитию зоба [18, 19, 26]. Отсюда важным является исследование состояния щитовидной железы в профпатологии [14].

Производственные химические загрязнители также негативно сказываются на репродуктивном здоровье работников, вызывая те или иные изменения в организме работниц и внутриутробного плода [2, 3, 5, 21].

Цель исследования – выявить особенности нарушений щитовидной железы у лаборантов нефтехимического производства и взаимосвязи с состоянием их репродуктивного здоровья.

Материал и методы исследований. Исследования проведены на крупном нефтехимическом комплексе (НХК). Обследованы пробоотборщики, лаборанты химического анализа, инженеры-химики лабораторий НХК.

На основании гигиенических исследований было установлено, что лаборанты НХК подвергались комплексному комбинированному воздействию продуктов переработки нефти, включающих предельные, непредельные и ароматические углеводороды и их производные, обладающие обще- и репродуктивно токсичными свойствами. Кроме того, для них характерно однонаправленное действие и эффект суммации. Согласно Р.2.2.2006-05 [8], класс условий труда лаборантов оценен как первая степень вредного класса условий труда (3.1) [7, 9, 13, 14].

Было обследовано 378 женщин лаборантов НХК (основная группа) и 212 женщин, не контактирующих с токсическими веществами (контрольная группа). По возрастным и стажевым характеристикам эти группы были репрезентативны.

У каждой обследованной женщины были получены информированные согласия на проведение исследований, сдачу венозной крови для биохимических, гормональных исследований и заполнение анкеты, включающей сведения о репродуктивной функции и данные о наличии эндокринной патологии.

Обследование щитовидной железы проводилось методом пальпации. Дополнительно выполнялось УЗИ с использованием сканера «ALOKA SSD-500» (Япония) с высокочастотным линейным датчиком мощностью 7,5 МГц для уточнения размеров и структуры щитовидной железы. Тиреоидный объем рассчитывали по формуле $V = [(длина \times ширина \times толщина) \text{ левой доли в см}^3 + (длина \times ширина \times толщина) \text{ правой доли в см}^3] \times 0,479$ (коэффициент поправки на эллипсоидность). Наличие зоба считалось подтвержденным у женщин при объеме щитовидной железы, превышающем 18,0 см³ [10].

Для углубленной оценки функционального состояния ЩЗ изучено содержание гормонов – сывороточный уровень свободного тироксина (св.Т₄ нмоль/л, норма 10-23,2), тиреотропного гормона (ТТГ мкМЕ/мл, норма 0,23-3,4), содержание антител к тиреоидной пероксидазе (АТ-ТПО Ед/мл, норма до 30) в лаборатории медсанчасти предприятия методом твердофазного иммуноферментного анализа.

Гинекологический осмотр проведен 590 работницам в процессе периодического медицинского осмотра.

Для статистической обработки результатов клинических, лабораторных данных использовали пакет прикладных программ Microsoft Excel, Statistica 6.0. Применялись методы параметрической статистики (средняя арифметическая и ее стандартная ошибка), а также метод вариационной статистики. Разницу исходных данных определяли по критерию Стьюдента и χ^2 , при $p < 0,05$ различия считали статистически значимыми [16].

Степень профессиональной обусловленности нарушений щитовидной железы лаборантов проводился методом расчета относительного риска и его этиологической доли [12].

Результаты и их обсуждение. На основании клинико-функционального обследования ЩЗ выявлены достоверные различия уровня патологии у лаборантов НХК по сравнению с контролем (табл. 1).

Таблица 1

Распространенность патологии щитовидной железы у лаборантов НХК на 100 осмотренных (M±m)

Нозологические формы		Лаборанты (n=378)	Контрольная группа (n=212)
Патология щитовидной железы (всего)		37,5±2,4*	19,8±2,7
Узловой зоб		19±2,0*	10,3±2,0
в том числе	солитарные	12,1±1,6*	5,6±1,5
	узловые образования		
	многоузловой зоб	6,8±1,2	4,7±1,4
Аутоиммунный тиреоидит		12,4±1,6*	7,0±1,7
Диффузный эутиреоидный зоб		3,1±0,8*	0,9±0,6
Состояние после струмэктомии		1,0±0,5	0,9±0,6

Примечание: * - показатель достоверности, $p < 0,05$

Из данных, представленных в таблице, видно, что узловой зоб составляет почти половину от всей выявленной патологии (50,7%) и занимает 1-е место в структуре заболеваний щитовидной железы. Из них в 2/3 случаев это – солитарные узловые образования, 1/3 – многоузловой зоб.

Аутоиммунный тиреоидит в 1,8 раза чаще наблюдался у лаборантов НХК, чем в контрольной группе. В структуре заболеваний щитовидной железы он занимает 2-е место.

Диффузный эутиреоидный зоб у лаборантов НХК был отмечен более чем в 3,5 раза чаще, чем в контроле и в структуре заболеваний находится на 3-м месте.

Показатели отношения шансов для развития тиреоидной патологии, узловых образований ЩЖ у лаборантов указывали на тенденцию повышения риска возникновения изменений и свидетельствовали о средней степени профессиональной обусловленности в формировании патологии щитовидной железы роли условий труда НХК (табл. 2).

Таблица 2

Оценка относительного риска, отношения шансов и степени производственной обусловленности тиреоидного здоровья лаборантов НХК

Патология щитовидной железы	Частота, %±m	OR CI 95%	RR	EF, %	Степень обусловленности
Всего	37,5±2,4	2,43 1,60-3,69	1,8	44,4	средняя
Узловой зоб	19±2.0	2,0325 1,18-3,50	1,8	44,4	средняя
Аутоиммунный тиреоидит	12,4±1,6	1,86 0,98-3,58	1,7	41,1	средняя
Диффузный эутиреоидный зоб	3,1±0,8	3,4 0,72-22,48	3,4	70,5	высокая

На основании проведенных исследований показаны различия средних уровней гормонов в основной и контрольной группе (табл. 3). Содержание в сыворотке крови ТТГ у лаборантов было в среднем в 1,4 раза выше, чем в контроле, $p < 0,05$. В концентрации тироксина (свободного Т4) в сыворотке крови у лаборантов и контрольной группе не выявлены достоверные различия.

Таблица 3

Уровень гормонов, антител к тиреоидной пероксидазе в сыворотке крови лаборантов (M±m)

Группы	св.Т ₄ нмоль/л (норма 10-23,2)	ТТГ мкМЕ/мл (норма 0,23-3,4)	АТ-ТПО Ед/мл (норма до 30)
Лаборанты	14.6±0.2	2.4 ±0,3*	215±32*
Контрольная группа	15.3±0.4	1,7±0,1	127±32

Примечание: * - показатель достоверности, $p < 0,05$

У лаборантов НХК по сравнению с контрольной группой уровень АТ-ТПО сыворотки крови превышал в 1,7 раза, $p < 0,05$. Эти показатели позволили предположить об аутоиммунном характере нарушений в щитовидной железе у лаборантов НХК, имеющих больший контакт с токсическими веществами, чем у женщин контрольной группы. Полученные нами данные согласуются с результатами других исследователей [4, 25].

В таблице 4 приведены расчеты относительного риска, этиологической доли, отношения шансов отдельных видов тиреоидной патологии у лаборантов НХК.

Таблица 4

Оценка относительного риска, отношения шансов и степени профессиональной обусловленности тиреоидной патологии лаборантов НХК

Тиреоидная патология	Частота, %±m	OR CI 95%	RR	EF, %	Степень обусловленности
Узловой зоб	19±2,0	2,0325 1,18-3,50	1,8	44,4	средняя
Аутоиммунный тиреоидит	12,4±1,6	1,86 0,98-3,58	1,7	41,1	средняя
Диффузный эутиреоидный зоб	3,1±0,8	3,4 0,72-22,48	3,4	70,5	высокая
Диффузный токсический зоб	1,8±0,6	3,98 0,49-87,95	4,5	77,7	высокая
Всего	37,5±2,4	2,43 1,60-3,69	1,8	44,4	средняя

Установление определенной зависимости патологии щитовидной железы у лаборантов с вредными факторами НХК наводит на мысль о профессиональной обусловленности этих изменений.

При проведении гинекологического осмотра установлено (табл. 5), что заболеваемость в репродуктивной системе среди лаборантов НХК выше, чем в контроле - OR=2,66 (95% CI 1,81-3,90, $p < 0,01$).

Таблица 5

Заболевания в репродуктивной системе лаборантов НХК (на 100 осмотренных), M±m

Виды заболеваний	Лаборанты	Контрольная группа
Репродуктивная патология, всего	78,3±2,1*	57,5±3,3
Воспалительные заболевания женских тазовых органов	53,9±2,5*	35,8±3,2
Доброкачественные новообразования половых органов	29,1±2,3*	16,9±2,5
Фиброзно-кистозная мастопатия	24,8±2,2*	12,7±2,2
Нарушения менструального цикла	9,5±1,5*	4,7±1,4
Бесплодие	6,3±1,2*	2,3±1,02
Самопроизвольные выкидыши	8,9±1,4	4,2±1,3

Примечание: * - показатель достоверности, $p < 0,05$

По представленным в таблице данным видно, что у лаборантов НХК достоверно чаще наблюдались воспалительные заболевания, доброкачественные новообразования, фиброзно-кистозные мастопатии, нарушения менструальной функции, самопроизвольные выкидыши. Особое внимание обращает высокий показатель первичного бесплодия, который у лаборантов наблюдался в 2,7 раза чаще, чем в группе контроля.

Оценена корреляционная зависимость заболеваний ЩЗ с репродуктивной патологией у лаборантов НХК. Так, при первичном бесплодии, зарегистрированном у 24 работниц в основной группе, заболевания ЩЖ в сочетании с вышеупомянутой патологией отмечены у 16 женщин, что составило 66,6% корреляции; при нарушениях менструальной функции - соответственно 36 против 24 случаев, что также составило 66,6% корреляции; при самопроизвольных выкидышах - соответственно 40 против 16 случаев, что составило 40% корреляции.

Профессиональная обусловленность выявленных нарушений ЩЗ и репродуктивной системы был определен на основании расчета относительного риска и его этиологической доли. Результаты показали, что относительный риск (RR) находится в диапазоне от 1,7 до 3,4, этиологическая доля (EF) - от 41,1 до 70,5%, что свидетельствует о средней и высокой степени профессиональной обусловленности выявленной патологии ЩЗ и репродуктивной системы лаборантов НХК.

Выводы. 1. У лаборантов НХК по сравнению с лицами контрольной группы достоверно чаще выявлены заболевания щитовидной железы (узловой зоб, аутоиммунный тиреоидит, диффузный эутиреоидный зоб), что позволило сделать вывод об определенной зависимости формирования данной патологии под влиянием комплекса химических веществ.

2. Установлена высокая прямая корреляционная связь сочетания заболеваний щитовидной железы и репродуктивной системы при первичном бесплодии, нарушениях менструального цикла - в 66,6% случаев, средняя степень корреляции при самопроизвольных выкидышах - 40% случаев.

3. Производственные поллютанты, с которыми контактируют лаборанты НХК, являются факторами риска формирования патологий щитовидной железы и репродуктивной системы.

Список литературы:

1. Абрамова Н.А., Фадеев В.В., Герасимов Г.А., Мельниченко Г.А. Зобогенные вещества и факторы. Клиническая и экспериментальная тиреоидология. 2006;1:21-32.
2. Айламазян Э.К., Виноградова Е.Г. Теоретическое и практическое значение экологической репродуктологии в охране здоровья матери и ребенка. Профилактика нарушений репродуктивного здоровья от профессиональных и экологических факторов риска: материалы Междунар. конгресса. Волгоград. 2004;98 - 99.
3. Благодатин В.М., Литовская А.В., Новохацкая О.О. Химические вещества как фактор риска нарушения репродуктивной функции женщин. Журнал акушерства и женских болезней. Санкт-Петербург. 2000;XLIX,3:3-9.
4. Болезни щитовидной железы: [пер. с англ.] / под ред. Л.И. Бравермана. - М.: Медицина, 2000:432.
5. Гайнуллина М.К., Бакиров А.Б., Валеева Э. Т., Сафина К. Ф. Влияние неблагоприятных производственных факторов на репродуктивное здоровье: пособие для врачей. М., 2008: 81.
6. Герасимов Г.А., Фадеев В.В., Свириденко Н.Ю. Йоддефицитные заболевания в России. Простое решение сложной проблемы. М. 2002; 168.
7. Валеева Э.Т., Галимова Р.Р., Бакиров А. Б., Каримова Л. К. Гигиеническая оценка условий труда в современном химическом производстве. Здоровье населения и среда обитания. 2016;6:20-24.
8. Гигиеническая оценка факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: Руководство. Р.2.2.2006-05.-М.: Роспотребнадзор, 2005:137.
9. Гимранова Г.Г., Каримова Л.К., Бакиров А. Б., Бадамшина Г. В., Бейгул Н.А., Гайнуллина М. К., Гизатуллина Д. Ф., Гимаева З. Ф., Каримова Л. М., Маврина Л. Н., Салимгареева Т. М. Гигиена труда при добыче и переработке нефти. Нижний Новгород; Баку. 2017:336.
10. Дедов И.И., Мельниченко Г.А. Эндокринология: национальное руководство / под ред. Дедова И.И. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2008:1072.
11. Дедов И.И., Герасимов Г.А., Свириденко Н.Ю. Йоддефицитные заболевания в Российской Федерации (эпидемиология, диагностика, профилактика): методическое пособие. М., 2001:18.
12. Денисов Э.И., Чесалин П.В. Профессионально обусловленная заболеваемость и ее доказательность. Медицина труда и промэкология. 2007;10:1-9.
13. Каримова Л. К., Салимгареева Т. М., Гимаева З. Ф. Оценка профессионального риска

- в производствах основных органических веществ. Гигиена, токсикология, профпатология: традиции и современность: материалы Всерос.науч.-практ. конференции с междунар. участием, посв. 125-летию основания Федерального научного центра гигиены им. Ф. Ф. Эрисмана. - М., 2016:481-485.
14. Каримова Л. К., Бадамшина Г. Г., Ларионова Т. К., Бейгул Н. А., Маврина Л. Н. Оценка комбинированного воздействия вредных веществ в условиях химических производств. Санитарный врач. 2017;8:14-20.
 15. Кузьмина Л.П., Безрукавникова Л.М. Значение исследования гормонов щитовидной железы в профпатологии. 1 Всеросс. съезд профпатологов. Тольятти, 2000; 199-200.
 16. Медик В.А., Токмачев М.С., Фишман Б.Б. Статистика в медицине и биологии. Руководство: под ред. Ю.М. Комарова. - М.: Медицина. 2001:352.
 17. Мельниченко Г.А., Фадеев В.В., Дедов И.И. Заболевания щитовидной железы во время беременности. Диагностика, лечение, профилактика: пособие для врачей. - М.: Мед. Эксперт. Пресс. 2003:5 - 7.
 18. Михайлова И. А., Зинчук С.Ф., Кизицкий О.Г. Распространенность диффузного нетоксического зоба у рабочих химических производств. Аллергия, иммунология и глобальная сеть: матер. Международного конгресса. -Канны. 2002:193.
 19. Поздняк А. О. Роль некоторых факторов окружающей среды в развитии эндемического зоба (обзор) /Гигиена и санитария. 2002;4:13-15.
 20. Серов В.Н., Прилепская В.Н., Овсянникова Т.В. Гинекологическая эндокринология. Руководство: М., МЕДпресс-информ. 2006:528.
 21. Сивочалова О.В., Фесенко М.А., Голованева Г.В. Репродуктивные нарушения при воздействии вредных факторов. Медицина труда и промэкология. 2008; 6: 65 - 69.
 22. Терпугова О.В. Струмогены и струмогенные воздействия в условиях урбанизации. Материалы Всероссийской конференции. - Пермь, 2000:158-159.
 23. Трынченкова Н.Н. Роль тиреоидной патологии в формировании предопухолевых заболеваний молочной железы: дисс.... канд.мед.наук. Томск. 2007:145.
 24. Фадеев В. В. Заболевания щитовидной железы в регионе легкого йодного дефицита. - М.: РКИ Видар, 2005:240.
 25. Фадеев В.В., Лесникова С.В. Аутоиммунные заболевания щитовидной железы и беременность. Проблемы эндокринологии. 2003;49(2):23-31.
 26. Яновская М.Е., Александров Ю.К., Агапитов Ю.Н. Влияние факторов производства на развитие патологии щитовидной железы. Актуальные проблемы современной эндокринологии.- С-Пб., 2001;424-425.
 27. Crofton K.A. Thyroid-hormone-disrupting chemicals: evidence for dose-dependent additivity or synergism /Crofton K.A., Craft E.S., Hedge J.M., et al. //Environ Health Perspect. 2005;113(11): 49-54.
 28. Knudsen N., Laurberg P., Perrild H. Risk factors for goiter and thyroid nodules. Thyroid. 2002; 12: 879 - 888.
 29. Krassas, G.E. Thyroid disease and female reproduction. Fertil Steril. 2000;74(6):1063-1070.
 30. Poppe K, Velkeniers B., Glinde D Thyroid disease and female reproduction Clin. Endocrinol. 2007;66:309-321.
 31. Poppe K., Velkeniers B., Glinde D. The role of thyroid autoimmunity in fertility and pregnancy /Nature Clinical Pract Endocrinol Metabolism. 2008;4:394-405.

32. Poppe, K. Thyroid disorders in infertile women /K. Poppe, B. Velkeniers //J. Clin. Endocrinol. Metablism. 2008;64(1):45-50.
33. Prummel, M. F. Wiersinga W. M. Thyroid autoimmunity and miscarriage / Eur J Endocrinol. 2004; 150(6):751-755.

REFERENCES:

1. Abramova N.A., Fadeev V.V., Gerasimov G.A., Melnichenko G.A. Goitogenic substances and factors / Clinical and experimental thyroidology. 2006;1:21-32.
2. Ailamazyan E.K., Vinogradova E.G. Theoretical and practical significance of ecological reproductive medicine in the protection of maternal and child health / Prevention of reproductive health disorders from occupational and environmental risk factors: Proceedings of the Intern. Congress. Volgograd. 2004:98 - 99.
3. Blagodatin V.M., Litovskaya A.V., Novokhatskaya O. Chemicals as a risk factor for reproductive dysfunction in women / Journal of Obstetrics and Women's Diseases. St. Petersburg. 2000;XLIX(3):3-9.
4. Diseases of the thyroid gland: [trans. from English] / ed. L.I. Braverman. - M.: Medicine,2000: 432.
5. Gainullina M.K., Bakirov A.B., Valeeva E. T., Safina K.F. Influence of unfavorable occupational factors on reproductive health: a guide for doctors. M., 2008:81.
6. Gerasimov G.A., Fadeev V.V., Sviridenko N.Yu. Iodine deficiency diseases in Russia. Simple solution of a complex problem. M. 2002:168.
7. Valeeva E.T., Galimova R.R., Bakirov A.B., Karimova L.K. Hygienic assessment of working conditions in modern chemical production / Health of the population and environment. 2016;6: 20-24.
8. Hygienic assessment of the factors of the work environment and the labor process. Criteria and classification of working conditions: Guide. R.2.2.2006-05.-M .: Rospotrebnadzor, 2005:137.
9. Gimranova G.G., Karimova L.K., Bakirov A. B., Badamshina G. V., Beigul N. A., Gainullina M. K., Gizatullina D. F., Gimaeva Z.F., Karamova L. M., Mavrina L. N., Salimgareeva T.M. Occupational hygiene during oil extraction and refining. Nizhny Novgorod; Baku. 2017:336.
10. Dedov I.I., Melnichenko G.A. Endocrinology: national guidelines / ed. Dedov I.I., M .: GEOTAR-media. 2008:1072.
11. Dedov I.I., Gerasimov G.A., Sviridenko N.Yu. Iodine deficiency diseases in the Russian Federation (epidemiology, diagnostics, prevention): methodological guide / M., 2001:18.
12. Denisov, E.I., Chesalin P.V. Work-related morbidity and its evidence / Occupational health and industrial ecology. 2007;10:1-9.
13. Karimova L.K., Salimgareeva T.M., Gimaeva Z.F. Assessment of occupational risk in the

- production of basic organic substances / Hygiene, Toxicology, occupational pathology: traditions and modernity: proceedings of the All-Russian scientific-practical conference with the international conference. participation, dedicated to the 125th anniversary of the Erisman Federal Scientific Center for Hygiene. - M., 2016:481-485.
14. Karimova L. K., Badamshina G. G., Larionova T. K., Beigul N. A., Mavrina L. N. Assessment of the combined impact of harmful substances in the conditions of chemical production / Sanitary Doctor. 2017;8:14-20.
 15. Kuzmina L. P., Bezrukavnikova L. M. The importance of the study of thyroid hormones in occupational pathology / 1-st All-Russian congress of occupational pathologists. - Toliatti, 2000:199-200.
 16. Medic V.A., Tokmachev M.S., Fishman B.B. Statistics in medicine and biology / Manual: ed. Yu.M. Komarova. - M.: Medicine. 2001:352.
 17. Melnichenko G.A., Fadeev V.V., Dedov I.I. Thyroid diseases during pregnancy. Diagnostics, treatment, prevention: a guide for doctors. - M.: Med. Expert. Press. 2003:5 - 7.
 18. Mikhailova I.A., Zinchuk S.F., Kizitsky O.G. The prevalence of diffuse non-toxic goiter among chemical workers / Allergy, immunology and the global network: proceedings International Congress. - Cannes. 2002:193.
 19. Pozdnyak A.O. The role of some environmental factors in the development of endemic goiter (review) / Hygiene and sanitation. 2002;4:13-15.
 20. Serov V.N., Prilepskaya V.N., Ovsyannikova T.V. Gynecological endocrinology / guide: M., MEDpress-inform. 2006:528.
 21. Sivochalova O.V., Fesenko M.A., Golovanova G.V. Reproductive disorders under the influence of harmful factors / Occupational health and industrial ecology. 2008;6:65 - 69.
 22. Terpugova O.V. Strumogens and strumogenic impacts in urbanization conditions / Proceedings of the All-Russian conference.- Perm, 2000:158-159.
 23. Trynchenkova N.N. The role of thyroid pathology in the development of precancerous breast diseases: PhD thesis (Medicine). Tomsk. 2007:145.
 24. Fadeev V. V. Diseases of the thyroid gland in the region of mild iodine deficiency. - M.: RCI Vidar, 2005:240.
 25. Fadeev V. V., Lesnikova S.V. Autoimmune diseases of the thyroid gland and pregnancy / Problems of endocrinology. 2003;49: 2:23-31.
 26. Yanovskaya M.E., Aleksandrov Yu.K., Agapitov Yu.N. Influence of occupational factors on the development of thyroid pathology / Actual problems of modern endocrinology.- St. Petersburg., 2001:424-425.
 27. Crofton K.A. Thyroid-hormone-disrupting chemicals: evidence for dose-dependent additivity or synergism / Crofton K.A., Craft E.S., Hedge J.M., et al. // Environ Health Perspect. 2005;113(11):

- 49-54.
28. Knudsen N., Laurberg P., Perrild H. Risk factors for goiter and thyroid nodules / *Thyroid*. 2002; 12:879 - 888.
29. Krassas, G.E. Thyroid disease and female reproduction / *Fertil Steril*. 2000; 74 (6): 1063-1070.
30. Poppe K, Velkeniers B., Glinoeer D Thyroid disease and female reproduction *Clin.Endocrinol*. 2007;66:309-321.
31. Poppe K., Velkeniers B., Glinoeer D. The role of thyroid autoimmunity in fertility and pregnancy /*Nature Clinical Pract Endocrinol Metabolism*. 2008;4:394-405.
32. Poppe, K. Thyroid disorders in infertile women /K. Poppe, B. Velkeniers // *J. Clin. Endocrinol. Metablism*. 2008;64(1):45-50.
33. Prummel, M. F. Wiersinga W. M. Thyroid autoimmunity and miscarriage / *Eur J Endocrinol*.2004;150(6):751-755.

Поступила/Received: 23.11.2020

Принята в печать/Accepted: 21.01.2021

УДК 577.215.3

ОЦЕНКА АКТИВНОСТИ ГЕНОВ MT2A И MT3 В ПЕЧЕНИ И ПОЧКАХ КРЫС В ОТВЕТ НА ВВЕДЕНИЕ РАЗНЫХ ДОЗ ХЛОРИДА КАДМИЯ

Зиатдинова М.М., Валова Я.В., Мухаммадиева Г.Ф., Фазлыева А.С., Каримов Д.О., Хуснутдинова Н.Ю.

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

Цель данной работы заключалась в изучении экспрессии генов металлотioneина в печени и почках крыс при остром отравлении хлоридом кадмия. Моделирование отравления хлоридом кадмия проводили на белых беспородных крысах женского пола, разделенных на 4 группы в зависимости от дозы введенного токсиканта. В качестве материалов исследования использовали образцы РНК, выделенные из печени и почек крыс. При минимальной дозе, которая была использована в данном эксперименте (0,029 мг/кг), кратность экспрессии гена MT3 в почках была повышена, с увеличением дозировки уровень экспрессии данного гена снижался, но не ниже показателей контроля. Анализ экспрессии этого же гена в печени показал склонность к снижению содержания транскриптов при увеличении дозы. Активность же гена MT2A с увеличением дозы хлорида кадмия повышалась как в печени, так и в почках. Полученные результаты показали статистически значимые дозозависимые изменения кратности экспрессии генов металлотioneина через 24 часа после введения хлорида кадмия.

Ключевые слова: металлотioneины, хлорид кадмия, экспрессия генов.

Для цитирования: Зиатдинова М.М., Валова Я.В., Мухаммадиева Г.Ф., Фазлыева А.С., Каримов Д.О., Хуснутдинова Н.Ю. Оценка активности генов MT2A и MT3 в печени и почках крыс в ответ на введение разных доз хлорида кадмия. Медицина труда и экология человека. 2021;1:93-101

Для корреспонденции: Зиатдинова Мунира Мунировна, м.н.с. отдела токсикологии и генетики ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», munira.munirovna@yandex.ru

Финансирование: Работа проведена за счет средств субсидии на выполнение государственного задания в рамках отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора «Гигиеническое научное обоснование минимизации рисков здоровью населения России» на 2016-2020 годы по теме 3.4, № гос. регистрации AAAA-A16-116022610048-5.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10109>

ESTIMATION OF THE ACTIVITY OF THE MT2A AND MT3 GENES IN THE LIVER AND KIDNEY OF RATS IN RESPONSE TO THE ADMINISTRATION OF DIFFERENT DOSES OF CADMIUM CHLORIDE

Ziatdinova M.M., Valova Ya.V., Mukhammadieva G.F., Fazlyeva A.S., Karimov D.O., Khusnutdinova N.Yu.

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

The aim of this work was to study the expression of genes of metallothionein in the liver and kidneys of rats during acute poisoning with cadmium chloride. Simulation of poisoning with cadmium chloride was carried out on white outbred female rats, divided into 4 groups depending on the dose of the injected toxicant. RNA samples isolated from rat liver and kidneys were used as research materials. At the minimum dose that was used in this experiment (0.029 mg / kg), the frequency of MT3 gene expression in the kidneys was increased; with increasing dosage, the expression level of this gene decreased, but not lower than the control values. Analysis of the expression of the same gene in the liver showed a tendency to decrease the content of transcripts with increasing doses. The activity of the MT2A gene, with an increase in the dose of cadmium chloride, increased both in the liver and in the kidneys. The results obtained showed statistically significant dose-dependent changes in the frequency of expression of genes of metallothionein 24 hours after administration of cadmium chloride.

Key words: metallothioneins, cadmium chloride, gene expression.

Citation: Ziatdinova M.M., Valova Ya.V., Mukhammadieva G.F., Fazlyeva A.S., Karimov D.O., Khusnutdinova N.Yu. Assessment of the activity of MT2A and MT3 genes in liver and kidneys of rats in response to administration of different doses of cadmium chloride. *Occupational health and human ecology*. 2021: 1:93-101

Correspondence: Munira M. Ziatdinova, Junior researcher, Department of Toxicology and Genetics, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, munira.munirovna@yandex.ru

Financing: The work was carried out at the expense of subsidies for fulfilling a state task within the framework of the sectoral research program of Rospotrebnadzor "Hygienic scientific substantiation of minimizing risks to the health of the Russian population" for 2016-2020 on topic 3.4, No of state registration AAAA-A16-116022610048-5.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10109>

Актуальность проблемы загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) объясняется, прежде всего, широким спектром их действия на организм человека. ТМ влияют практически на все системы организма, оказывая токсическое, аллергическое, канцерогенное и гонадотропное действие [1]. Доказано эмбриотоксическое действие ТМ через фетопланцентарную систему, а также их способность вызывать наследственные изменения-мутации [2].

К числу наиболее высокотоксичных и широко распространенных промышленных загрязнителей окружающей среды среди ТМ относится кадмий (Cd). Cd вызывает перекисное окисление мембранных липидов, деградацию системы антиоксидантной защиты, способствует возникновению воспалительных реакций. В результате токсического действия Cd на ферментную систему человека и экспериментальных животных нарушаются многие процессы метаболизма, возникает дисфункция митохондрий и повреждение клеточных мембран в связи с образованием свободных радикалов. Интоксикация Cd сопровождается нарушениями синтеза белка и изменениями в структуре нуклеиновых кислот, что, в свою очередь, приводит к ингибированию восстановительной способности

ДНК [3, 4]. К тому же по своим химическим свойствам Cd близок к цинку (Zn) и способен замещать его в активных центрах металлсодержащих ферментов [5].

Наиболее выраженный ингибирующий эффект Cd оказывает на антиоксидантную защитную систему, что ведет к окислительному повреждению клеток. Индуцируемые им процессы перекисного окисления липидов являются одной из главных причин неблагоприятного влияния на мембранозависимые функции клеток [6]. Cd обладает активными канцерогенными свойствами, а хроническая интоксикация Cd нередко ассоциируется с раком почек, легких, мочевого пузыря, предстательной и поджелудочной железы [7].

Кроме канцерогенного действия, Cd обладает мутагенным, а в условиях эксперимента — и тератогенным эффектом, что связано с повреждением клеток плаценты и эмбриональных тканей на ранних стадиях органогенеза [8].

Воздействие тяжелых металлов приводит к усилению активности многих генов, что приводит к экспрессии белков, участвующих в элиминации металлов, либо восстановлению вызванных ими повреждений. Большая часть Cd в организме связана с небольшим, богатым цистеином, металлсвязывающим белком металлотioneином (MT) [9]. Известно, что MT участвуют в гомеостазе и транспорте эссенциальных (Zn, Cu) и элиминации токсичных металлов (Cd, Hg), принимают участие в процессах апоптоза, модуляции внутриклеточного редокс-баланса, к тому же они способны проявлять противовоспалительные свойства [10].

Целью данного исследования было сравнительное изучение дозозависимой экспрессии генов *MT2A* и *MT3* через 24 часа после введения хлорида кадмия.

Материалы и методы исследования. Всего в эксперименте использовано 35 белых аутбредных крыс женского пола (по 10 голов в экспериментальных группах и 5 - в контрольной) массой 210–280 г. Условия содержания и кормления были одинаковы для всех групп животных. При уходе за животными, питании и проведении экспериментов руководствовались базисными нормативными документами с соблюдением международных принципов Хельсинской декларации о гуманном отношении к животным, рекомендациями Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других целей. Острое отравление кадмием моделировали путем однократного перорального введения крысам водного раствора $CdCl_2$ (дихлорид кадмия) в дозе 0,029 мг/кг, 0,29 мг/кг и 2,9 мг/кг массы тела. Контрольной группе животных перорально вводили дистиллированную воду. Кусочки печени и почек сразу после декапитации животных и их вскрытия замораживали жидким азотом и заливали ExtractRNA (ЗАО Евроген, Россия). Тотальную РНК экстрагировали в соответствии с инструкциями производителя. Очищенную РНК, выделенную из печени и почек каждой крысы, подвергали обратной транскрипции с помощью обратной транскриптазы MMLV и праймеров олиго-dT (№ кат. № SK021, Евроген). Анализ экспрессии генов выполняли методами ПЦР в реальном времени на приборе Rotor-Gene (QIAGEN, Германия) с использованием олигонуклеотидспецифических праймеров (Eurogene), содержащих интеркалирующий краситель SYBR Green (№ кат. № PB025S, Евроген). Конструирование праймеров qPCR проводили с помощью программы PrimerQuest Tool (Integrated DNA Technologies, США). Нормализацию уровня экспрессии осуществляли с использованием гена глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназы (GAPDH). Статистический анализ выполнялся с использованием программы SPSS 19.0 (IBM, США). Нормальность распределения оценивалась с помощью

критерия Колмогорова-Смирнова. Различия между группами определяли с помощью критерия Стьюдента и однофакторного дисперсионного анализа.

Результаты и обсуждение. Нами был проведен анализ транскрипционной активности гена *MT2A* в тканях печени и почек в зависимости от дозы хлорида кадмия. Анализ кратности экспрессии гена *MT2A* в почечной ткани крыс не показал статистически значимых различий между группами ($F=0,68$; $p=0,74$; рис. 1). При введении минимальной дозы $CdCl_2$ ($0,029$ мг/кг) количество транскриптов изучаемого гена понизилось по сравнению с группой контроля ($-0,54 \pm 0,66$ и $-1,81 \pm 0,41$ соответственно). Однако дальнейшее повышение дозы $CdCl_2$ с $0,029$ до $2,9$ мг/кг способствовало плавному повышению кратности экспрессии ($-1,81 \pm 0,41$; $-1,06 \pm 0,87$; $-0,45 \pm 0,88$; $p=0,883$).

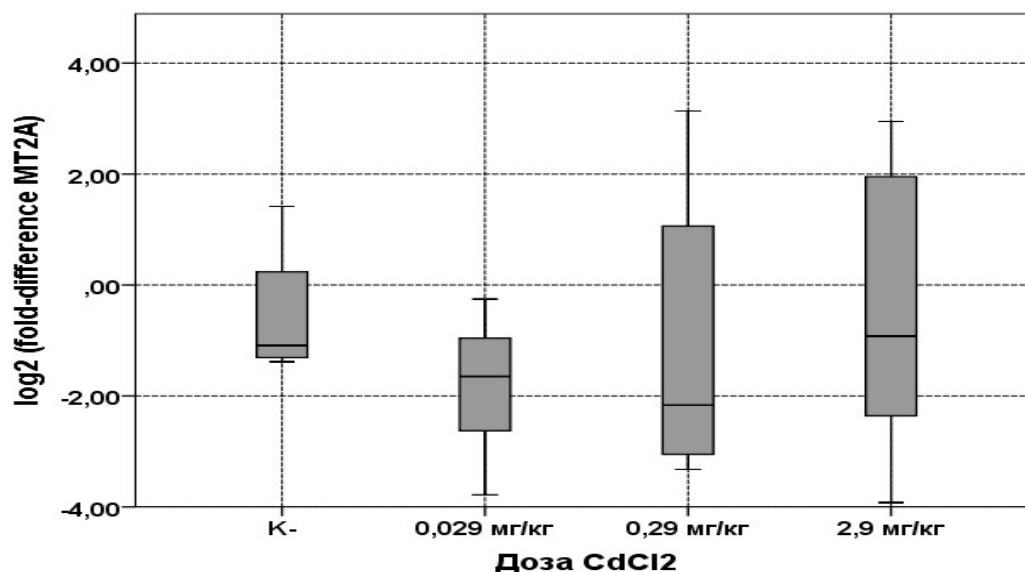


Рис. 1. Кратность экспрессии гена *MT2A* в почках при пероральном введении раствора $CdCl_2$ через 24 часа

Оценка кратности экспрессии того же гена в тканях печени также не выявила статистически значимых различий между группами ($F=5,22$; $p=0,987$; рис. 2). Введение $CdCl_2$ в дозе $0,029$ мг/кг привело к снижению уровня транскриптов по сравнению со значением контроля ($-1,32 \pm 1,32$ и $-1,76 \pm 0,38$ соответственно). При увеличении дозы до $0,29$ мг/кг кратность экспрессии резко возросла, достигнув своего максимального значения ($-1,76 \pm 0,38$; $2,26 \pm 0,97$; $p=0,005$). При дальнейшем увеличении дозировки до $2,9$ мг/кг отмечалось уменьшение количества транскриптов ($2,26 \pm 0,97$; $0,26 \pm 0,74$; $p=0,276$), однако их уровень оставался выше показателей контроля ($p=0,636$).

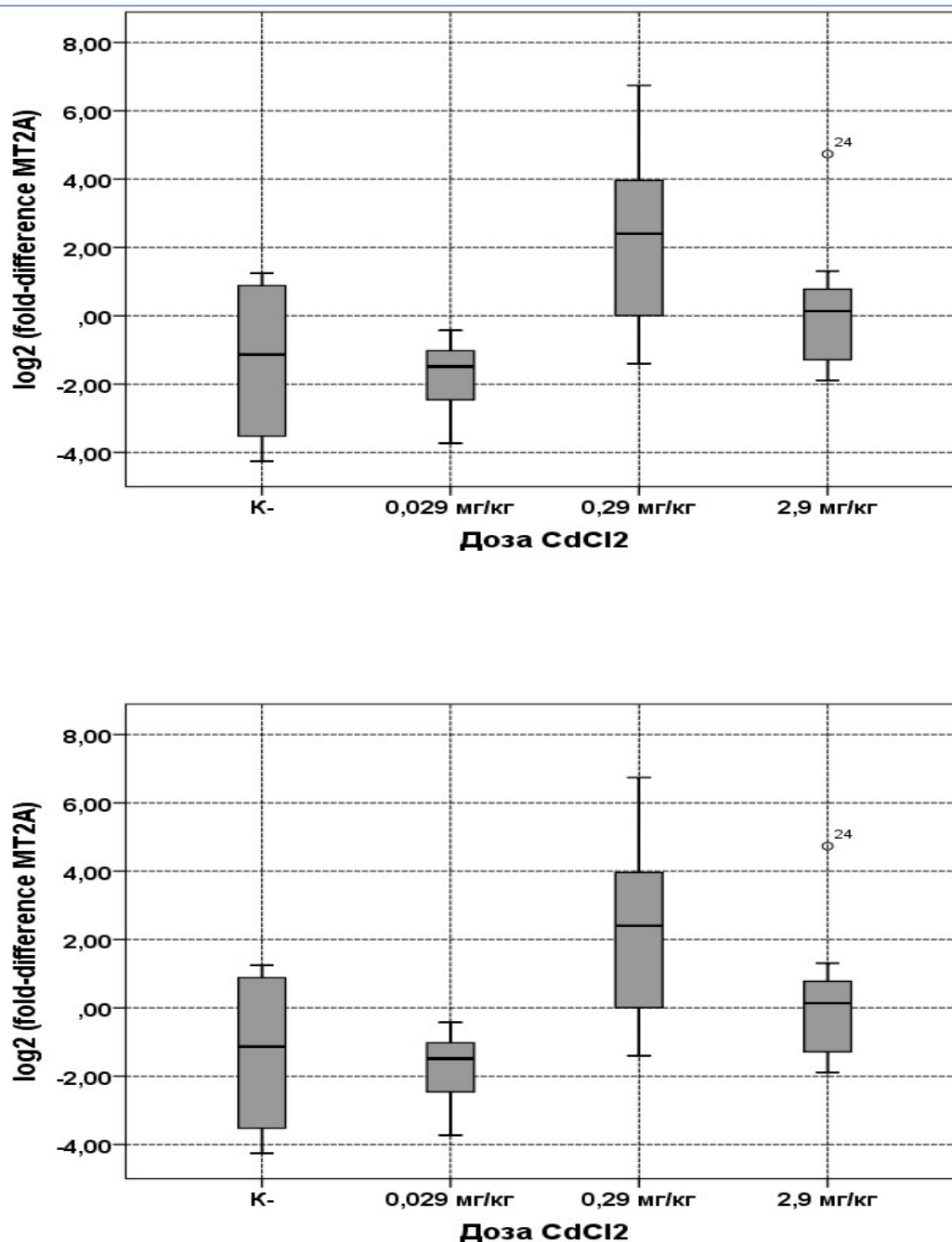


Рис. 2. Кратность экспрессии гена *MT2A* в печени при пероральном введении раствора CdCl_2 через 24 часа

Анализ представленности транскриптов гена *MT3* в почечной ткани показал статистически значимые различия между группами ($F=6,66$; $p=0,019$; рис. 3). Наиболее выраженная реакция в ответ на воздействие токсиканта была установлена при минимальной дозе CdCl_2 , которая была использована в данном эксперименте ($-0,35 \pm 0,54$; $3,60 \pm 0,62$). Однако увеличение дозы CdCl_2 до $0,29$ мг/кг приводило к спаду кратности экспрессии в сравнении с группой, получавшей CdCl_2 в дозе $0,029$ мг/кг ($3,60 \pm 0,62$; $-0,14 \pm 0,75$; $p=0,006$), с последующим повышением представленности транскриптов при достижении дозы $2,9$ мг/кг ($-0,14 \pm 0,75$; $-0,1 \pm 0,86$; $p=1,000$).

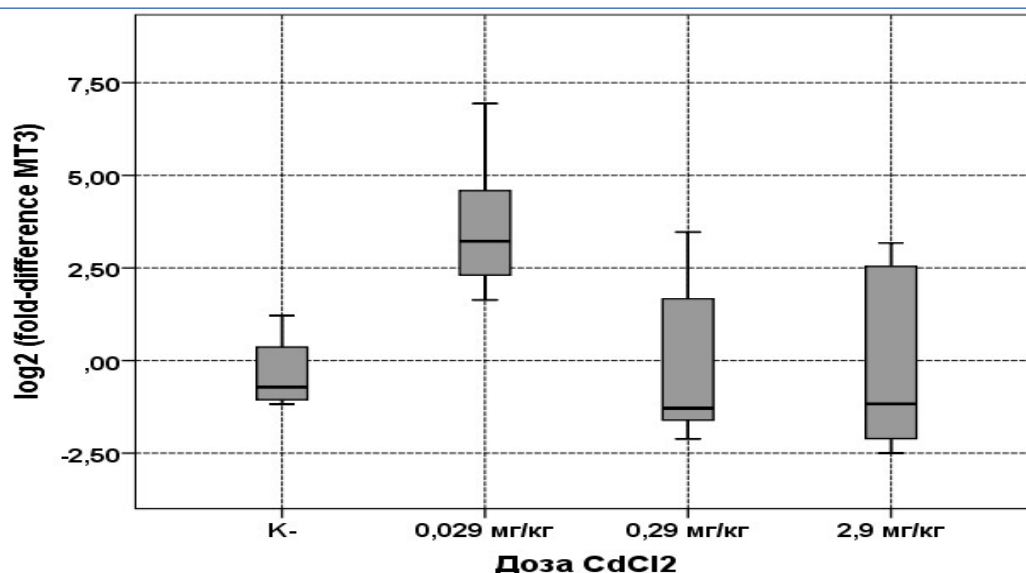


Рис. 3. Кратность экспрессии гена *MT3* в почках при пероральном введении раствора CdCl₂ через 24 часа

Изменение экспрессии гена *MT3* в тканях печени было статистически значимым ($F=17,59$; $p=0,001$; рис. 4). Отмечено, что с увеличением дозы CdCl₂ происходило снижение количества соответствующих транскриптов ($3,64\pm 0,62$; $-7,07\pm 0,46$; $-12,88\pm 1,34$; $-14,48\pm 0,91$; $p=0,001$).

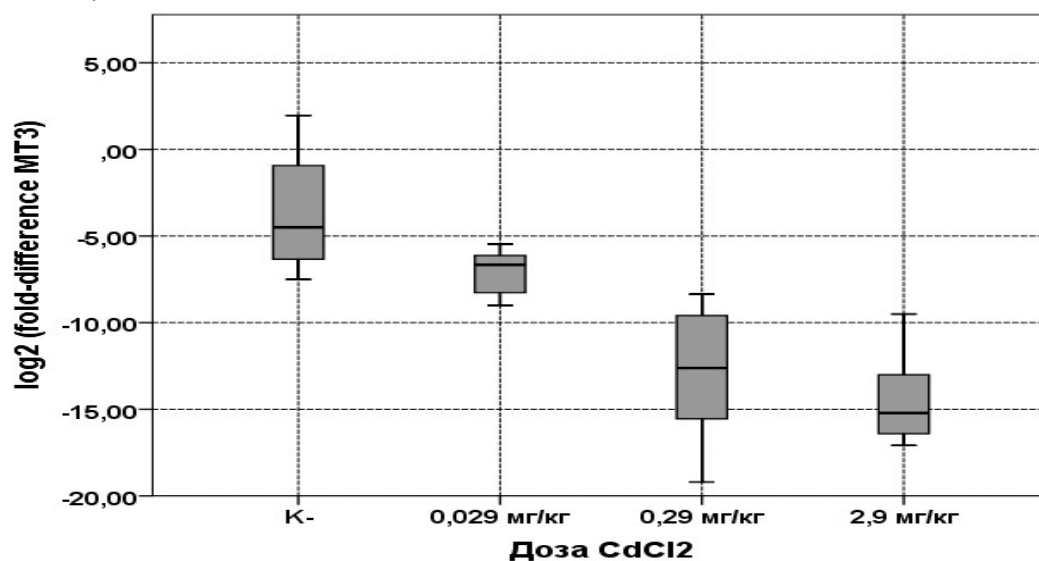


Рис. 4. Кратность экспрессии гена *MT3* в печени при пероральном введении раствора CdCl₂ через 24 часа

Кадмий относится к числу одних из самых токсичных тяжелых металлов, и его токсичность можно считать разнонаправленной. Ионы Cd проявляют высокое сродство к биологическим структурам, содержащим сульфгидрильные (SH-) и дисульфидные группы (–S–S–), вызывая нарушение их функций. Cd не способен генерировать свободные радикалы напрямую, однако после воздействия кадмия наблюдается повышенная продукция активных форм кислорода (АФК), а именно супероксидных и гидроксильных радикалов, а также перекиси водорода. Кадмий индуцирует окислительный стресс и выработку АФК, которые обычно сбалансированы ферментативными и неферментативными (глутатионы, витамины С,

Е) антиоксидантными барьерами. Вызванный данным токсином окислительный стресс приводит к окислению и повреждению биологически важных макромолекул, таких как белки, ДНК, липиды и фосфолипиды клеточных мембран. Кроме того, снижая мембранный потенциал в митохондриях, кадмий нарушает окислительное фосфорилирование и синтез АТФ [11].

Активность и функционирование МТ зависит от их распределения внутри клетки, а также экспрессии этих белков в различных типах ткани. Индукция экспрессии МТ тяжелыми металлами, последующее их накопление в тканях и его выведение из организма нередко используется в качестве биомаркера в области экологической токсикологии [11].

В проведенном нами эксперименте кратность экспрессии гена *MT2A* имела склонность к снижению относительно значений контроля при малых дозах $CdCl_2$, как в печеночной ($p=0,006$), так и в почечной тканях ($p=0,573$). Однако дальнейшее повышение дозы $CdCl_2$ способствовало усилению активности гена *MT2A*, что можно связать с началом работы антиоксидантной системы в ответ на введение токсиканта либо со сбоем нормального функционирования клетки [12].

Оценивая активность гена *MT3* в почечной ткани мы наблюдали максимальный уровень транскриптов при дозе 0,029 мг/кг $CdCl_2$ и незначительные повышения при введении токсиканта в более высоких дозах ($p=0,002$). Вероятно, интоксикация $CdCl_2$ при дозе 0,029 мг/кг вызывает повреждения клеточных структур, которые впоследствии поддаются репарации, однако с увеличением дозы $CdCl_2$ это становится невозможным, что, по-видимому, связано с истощением пула адаптационного потенциала системы антиоксидантной защиты.

Анализ экспрессии гена *MT3* в печени позволил установить неуклонное снижение содержания транскриптов с повышением дозы $CdCl_2$ ($p=0,001$). В отличие от гена *MT2A*, который экспрессируется практически во всех органах, активность гена *MT3* ограничивается центральной нервной системой. К тому же было показано, что биосинтез изоформы *MT2A* индуцируется целым рядом факторов, включая глюкокортикоиды, цитокины, активные формы кислорода и ионы металлов, в то время как экспрессия *MT3* не реагирует на данные факторы стресса [13]. Однако в работе Hozumi I. с соавт. было обнаружено, что *MT3* экспрессируется в некоторых периферических органах, включая незначительную активность гена в почечных клетках крыс [14]. Исходя из этого, можно объяснить отрицательную экспрессию гена *MT3* в тканях печени и присутствие его активности в почечной ткани.

Заключение. В данной работе мы обнаружили статистически значимые дозозависимые изменения кратности экспрессии гена металлотионеина спустя сутки после введения $CdCl_2$. Однако обнаруженные нами различия требуют дальнейшего исследования в данном направлении, так как, вероятно, существуют различия в уровне экспрессии генов на более ранних или поздних сроках действия токсиканта.

Список литературы:

1. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды. Астраханский вестник экологического образования. 2013;1(23):182-192.
2. Saini, Shivi, Neena Nair, and Mali Ram Saini. Embryotoxic and teratogenic effects of nickel in Swiss albino mice during organogenetic period. BioMed research international. 2013; 2013: 701439. doi: 10.1155/2013/701439.

3. Milena Andjelkovic, et al. Toxic Effect of Acute Cadmium and Lead Exposure in Rat Blood, Liver, and Kidney. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019; 16(2):274. doi: 10.3390/ijerph16020274.
4. Unsal, Velid, et al. The role of natural antioxidants against reactive oxygen species produced by cadmium toxicity: a review. *Advanced pharmaceutical bulletin*. 2020;10(2):184–202. doi: [10.34172/apb.2020.023](https://doi.org/10.34172/apb.2020.023).
5. Parameswaran Aravind, Majeti Narasimha Vara Prasad. Cadmium-zinc interactions in hydroponic system using *Ceratophyllum demersum*: adaptive plant ecophysiology, biochemistry and molecular toxicology. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 2005.17(1):3-20. doi:10.1590/S1677-04202005000100002.
6. Кривошеев А.Б., Потеряева Е.Л., Кривошеев Б.Н., Куприянова Л.Я., Смирнова Е.Л. Токсическое действие кадмия на организм человека. *Медицина труда и промышленная экология*. 2012;6:35-42.
7. Xiao, C. L., et al. Research progress of the mechanisms underlying cadmium-induced carcinogenesis. *Zhonghua yu Fang yi xue za zhi [Chinese Journal of Preventive Medicine]*. 2016;50(4):380-4. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2016.04.021.
8. Díaz, M. del C., et al. Effect of a single dose of cadmium on pregnant Wistar rats and their offspring. *Reproduction in Domestic Animals*. 2014; 49(6):1049-1056. doi: 10.1111/rda.12439.
9. Joanna Homa, Stephen R. Stürzenbaum, and Elzbieta Kolaczowska. Metallothionein 2 and Heat Shock Protein 72 Protect *Allolobophora chlorotica* from Cadmium But Not Nickel or Copper Exposure: Body Malformation and Coelomocyte Functioning. *Archives of environmental contamination and toxicology*. 2016;71:267–277. doi: 10.1007/s00244-016-0276-6.
10. Daniel Juárez-Rebollar, Camilo Rios, Concepción Nava-Ruíz, and Marisela Méndez-Armenta. Metallothionein in Brain Disorders. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2017; 2017: 5828056. doi: 10.1155/2017/5828056.
11. Giuseppe Genchi, Maria Stefania Sinicropi, Graziantonio Lauria, Alessia Carocci, and Alessia Catalano. The Effects of Cadmium Toxicity. *International journal of environmental research and public health*. 2020;17(11):3782. doi: 10.3390/ijerph17113782.
12. Xue-Bin Ling et al. Mammalian Metallothionein-2A and Oxidative Stress. *International journal of molecular sciences*. 2016;17(9):1483. doi: 10.3390/ijms17091483.
13. Milan Vašák and Gabriele Meloni. Mammalian Metallothionein-3: New Functional and Structural Insights. *International journal of molecular sciences*. 2017;18(6):1117. doi: 10.3390/ijms18061117
14. Hozumi I. et al. Metallothionein-3 is expressed in the brain and various peripheral organs of the rat. *Neuroscience letters*. 2008;438(1): 54–58. doi: 10.1016/j.neulet.2008.04.047.

References:

1. Tyeplaya G.A. *Heavy metals as a factor of environmental pollution. Astrakhan Bulletin of Environmental Education*. 2013;1(23):182-192.
2. Saini, Shivi, Neena Nair, and Mali Ram Saini. *Embryotoxic and teratogenic effects of nickel in Swiss albino mice during organogenetic period. BioMed research international* 2013; 2013: 701439. doi: 10.1155/2013/701439.

3. Milena Andjelkovic, et al. Toxic Effect of Acute Cadmium and Lead Exposure in Rat Blood, Liver, and Kidney. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019;16(2):274. doi: 10.3390/ijerph16020274.
4. Unsal, Velid, et al. The role of natural antioxidants against reactive oxygen species produced by cadmium toxicity: a review. *Advanced pharmaceutical bulletin*. 2020;10(2):184–202. doi: 10.34172/apb.2020.023.
5. Parameswaran Aravind, Majeti NarasimhaVara Prasad. Cadmium-zinc interactions in hydroponic system using *Ceratophyllum demersum*: adaptive plant ecophysiology, biochemistry and molecular toxicology. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 2005.17(1):3-20. doi:10.1590/S1677-04202005000100002.
6. Krivosheev A.B. , Poteryaeva E.L., Krivosheev B.N., Kupriyanova L.Ya., Smirnova E.L. Toxic effect of cadmium on the human body. *Occupational health and industrial ecology*. 2012; 6: 35-42.
7. Xiao, C. L., et al. Research progress of the mechanisms underlying cadmium-induced carcinogenesis. *Zhonghuayu Fang yixuezhazhi [Chinese Journal of Preventive Medicine]*. 2016; 50(4):380-4. doi: 10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2016.04.021.
8. Díaz, M. del C., et al. Effect of a single dose of cadmium on pregnant Wistar rats and their offspring. *Reproduction in Domestic Animals*. 2014;49(6):1049-1056. doi: 10.1111/rda.12439.
9. Joanna Homa, Stephen R. Stürzenbaum, and Elzbieta Kolaczowska. Metallothionein 2 and Heat Shock Protein 72 Protect *Allolobophora chlorotica* from Cadmium But Not Nickel or Copper Exposure: Body Malformation and Coelomocyte Functioning. *Archives of environmental contamination and toxicology*. 2016;71:267–277. doi: 10.1007/s00244-016-0276-6.
10. Daniel Juárez-Rebollar, Camilo Rios, Concepción Nava-Ruíz, and Marisela Méndez-Armenta. Metallothionein in Brain Disorders. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2017:5828056. doi: 10.1155/2017/5828056.
11. Giuseppe Genchi, Maria Stefania Sinicropi, Graziantonio Lauria, Alessia Carocci, and Alessia Catalano. The Effects of Cadmium Toxicity. *International journal of environmental research and public health*. 2020;17(11):3782. doi: 10.3390/ijerph17113782.
12. Xue-Bin Ling et al. Mammalian Metallothionein-2A and Oxidative Stress. *International journal of molecular sciences*. 2016;17(9):1483. doi: 10.3390/ijms17091483.
13. Milan Vašák and Gabriele Meloni. Mammalian Metallothionein-3: New Functional and Structural Insights. *International journal of molecular sciences*. 2017;18(6):1117. doi: 10.3390/ijms18061117
14. Hozumi I. et al. Metallothionein-3 is expressed in the brain and various peripheral organs of the rat. *Neuroscience letters*. 2008;438(1):54–58. doi: 10.1016/j.neulet.2008.04.047.

Поступила/Received: 25.02.2021

Принята в печать/Accepted: 12.03.2021

УДК: 577.215.3

ОЦЕНКА ТРАНСКРИПЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГЕНА НМОХ1 ПРИ АЛКОГОЛЬНОМ ПОРАЖЕНИИ ПЕЧЕНИ У КРЫС И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ЛЕКАРСТВЕННОЙ КОРРЕКЦИИ

Валова Я.В.^{1,2}, Зиятдинова М.М.¹, Мухаммадиева Г.Ф.¹, Фазлыева А.С.¹, Каримов Д.О.¹, Хуснутдинова Н.Ю.¹, Якупова Т.Г.¹, Смолянкин Д.А.¹

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

²ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Уфа, Россия

В настоящее время злоупотребление алкоголем является основной причиной смертности среди людей трудоспособного возраста, а общие расходы на лечение и реабилитацию больных составляют миллиарды долларов. В связи с этим поиск эффективной терапии алкогольных поражений печени представляет собой актуальную задачу для современной гепатологии. Цель работы заключалась в оценке уровня экспрессии гена Hmx1 у крыс с индуцированным алкогольным поражением печени до и после применения гепатопротекторных препаратов (Гептор, Мексидол и Оксиметилурацил). Анализ экспрессии генов в печени крыс проводили методом ПЦР в режиме реального времени. В результате проведенного эксперимента было показано, что спустя 24 часа после введения этанола во всех экспериментальных группах отмечалось значительное снижение уровня мРНК относительно отрицательного контроля. Однако различий в уровне экспрессии гена в группе без лечения и группах с лечением обнаружено не было.

Ключевые слова: алкогольное поражение печени, экспрессия генов, гемоксигеназа-1, гептор, мексидол, оксиметилурацил.

Для цитирования: Валова Я.В., Зиятдинова М.М., Мухаммадиева Г.Ф., Фазлыева А.С., Каримов Д.О., Хуснутдинова Н.Ю., Якупова Т.Г., Смолянкин Д.А. Оценка транскрипционной активности гена НМОХ1 при алкогольном поражении печени у крыс и последующей лекарственной коррекции. Медицина труда и экология человека. 2021: 1:102-107

Для корреспонденции: Валова Яна Валерьевна, м.н.с. отдела токсикологии и генетики ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Q.juk@yandex.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10110>

ASSESSMENT OF TRANSCRIPTIONAL ACTIVITY OF THE HMOX1 GENE IN ALCOHOLIC LIVER INJURY IN RATS AND SUBSEQUENT DRUG CORRECTION

Valova Y.V.^{1,2}, Ziatdinova M.M.¹, Mukhammadiyeva G.F.¹, Fazlyeva A.S.¹, Karimov D.O.¹, Khusnutdinova N.Yu.¹, Yakupova T.G.¹, Smolyankin D.A.¹

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

2-Bashkir State University, Ufa, Russia

Alcohol abuse is currently the leading cause of death among people of working age, and the total cost of treatment and rehabilitation for patients is billions of dollars. In this regard, the search

for an effective therapy for alcoholic liver damage is an urgent problem for hepatology. The aim of the work was to assess the level of Hmox1 gene expression in rats with alcohol-induced liver damage before and after the use of hepatoprotective drugs (heptor, mexidol, and oxymethyluracil). Analysis of gene expression in rat liver was performed by real-time PCR. As a result of the experiment, it was shown that 24 hours after the introduction of ethanol in all experimental groups there was a significant decrease in the level of mRNA relative to the negative control. However, no differences were found in the level of gene expression between the untreated and treated groups.

Key words: alcoholic liver damage, gene expression, heme oxygenase-1, heptor, mexidol, oxymethyluracil

Citation: Valova Ya.V., Ziatdinova M.M., Mukhammadieva G.F., Fazlyeva A.S., Karimov D.O., Khusnutdinova N.Yu., Yakupova T.G., Smolyankin D. A. Evaluation of the transcriptional activity of the HMOX1 gene in alcoholic liver damage in rats and subsequent drug correction. *Occupational health and human ecology*. 2021: 1:102-107

Correspondence: Yana V. Valova, Junior researcher, Department of Toxicology and Genetics, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Q.juk@yandex.ru.

Financing: The study had no financial support.

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10110>

Актуальность. Согласно статистическим исследованиям, каждый второй россиянин старше 18 лет имеет проблемы с алкоголем [1]. При этом алкогольная болезнь печени развивается у 60-100% лиц, злоупотребляющих алкоголем и практически у каждого больного, страдающего алкоголизмом [2]. Алкогольная болезнь печени (АБП) – это группа клинико-морфологических вариантов повреждения печени, обусловленных длительным приемом токсических доз этанола. АБП охватывает спектр заболеваний, начиная от жировой дистрофии печени (стеатоз), иногда прогрессируя до алкогольного гепатита и заканчивая циррозом печени, который является наиболее распространенной и необратимой формой поражения печени, связанной с употреблением алкоголя [3]. При развитии цирроза печени 5-летних показателей выживаемости достигают лишь 50% пациентов. В связи с этим злоупотребление алкоголем является основной причиной смертности среди людей в возрасте 15–49 лет, а общие расходы на лечение и реабилитацию госпитализированных больных составляют миллиарды долларов [4].

Развитие алкогольного поражения печени обусловлено как прямым гепатотоксическим воздействием этанола и его метаболитов на мембраны гепатоцитов и митохондрий, так и развитием окислительного стресса в печени из-за накопления активных форм кислорода (АФК), образующихся в результате метаболизма алкоголя. Прогрессирование АБП происходит за счет развития воспалительной реакции, вызванной производством цитокинов и фактора некроза опухолей (TNF- α) [2].

Одним из способов снижения интенсивности окислительных процессов в организме является производство биливердина, которое осуществляют ферменты гемоксигеназной сигнальной системы за счет расщепления гема. У млекопитающих были идентифицированы две основные изоформы фермента: гемоксигеназа 1 (Hmox1) и гемоксигеназа-2 (Hmox2). Hmox2 конститутивно экспрессируется во всех тканях, чтобы справляться с непрерывным

высвобождением гема при клеточном метаболизме, тогда как *Hmx1* является индуцибельным ферментом, который активируется в ответ на такие стимулы, как гипоксия и окислительный стресс [5]. Кроме участия в восстановлении окислительно-восстановительного баланса *Hmx1* может проявлять цитопротективные и противовоспалительные свойства. В нескольких работах было продемонстрировано, что монооксид углерода, который является одним из продуктов гем деградации, может модулировать синтез провоспалительных или противовоспалительных цитокинов и медиаторов [6-7], а также проявлять антиапоптотические свойства [8]. Ранее было показано, что экспрессия *Hmx 1* может возрастать более чем в 10 раз в печени крыс, подвергнутых воздействию различных токсикантов, включая тетрахлорметан, ацетаминофен и этанол [8-10].

Механизмы антиоксидантной активности данных ферментов точно не установлены, однако считается, что все продукты деградации гема (биливердин / билирубин, железо и СО) так или иначе участвуют в цитопротективных эффектах и способны предупреждать гиперпродукцию прооксидантов и апоптоз [11].

Целью данного исследования была оценка уровня экспрессии гена *Hmx1* у крыс с индуцированным алкогольным поражением печени до и после применения гепатопротекторных препаратов (Гептор, Мексидол и Оксиметилурацил).

Материалы и методы. Моделирование острого алкогольного поражения печени проводили на самцах белых беспородных крыс массой 170-190 г путем перорального введения 40% раствора этанола из расчета 4 г/кг массы тела, однократно. Животным контрольной группы перорально вводили эквивалентный объем дистиллированной воды. Животным остальных трех групп наряду с этанолом вводили: 1) внутривенно Гептор в дозе 72 мг/кг; 2) подкожно Мексидол в дозе 50 мг/кг; 3) перорально Оксиметилурацил (ОМУ) в дозе 50 мг/кг. Спустя сутки животных умерщвляли путем декапитации с отбором образцов печени для исследования экспрессии. Для определения функционального состояния печени использовались следующие методы: экстракция тотальной РНК тризолом, обратная транскрипция и ПЦР-амплификация в режиме реального времени на приборе Rotor Gene (QIAGEN). Количественные данные обрабатывали по критерию (t) Стьюдента и с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Результаты считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Спустя 24 часа после введения этанола во всех экспериментальных группах было зарегистрировано статистически значимое снижение уровня мРНК гена *Hmx1* относительно отрицательного контроля ($F=32,09$, $p=0,000$) (рис.). Однако различия в уровне экспрессии гена практически отсутствовали между группой положительного контроля и экспериментальными группами. Минимальное количество транскриптов наблюдалось в группе после лечения Мексидолом ($-6,42 \pm 0,67$). В группе, получавшей Гептор кратность экспрессии также оказалась ниже, чем в группе без лечения ($-6,27 \pm 0,32$). Лишь в группе, получавшей ОМУ, уровень транскриптов оказался незначительно выше, чем в группе положительного контроля, однако различия не достигли уровня статистической значимости ($-5,03 \pm 0,25$, $p > 0,05$).

Согласно литературным данным различные факторы, в том числе окислительный стресс, могут стимулировать экспрессию гена *Hmx1* [5, 12]. Тогда как чрезмерная продукция АФК, которая в том числе наблюдается при остром отравлении алкоголем, напротив,

коррелировала со сниженными уровнями белка *Htox1* [13]. В нашем исследовании активность гена *Htox1* оказалась сильно снижена во всех группах, затравленных этанолом, что согласуется с результатами других авторов. Интересно отметить, что в группах, получавших в качестве гепатопротекторов Гептор и Мексидол уровень мРНК был ниже, чем в группе без лечения, и лишь в группе, получавшей ОМУ, активность гена была незначительно выше группы положительного контроля. Можно предположить, что при острой интоксикации этанолом введение препаратов по данной схеме не только не оказывает положительного эффекта, но и может выступать дополнительным стрессовым фактором.

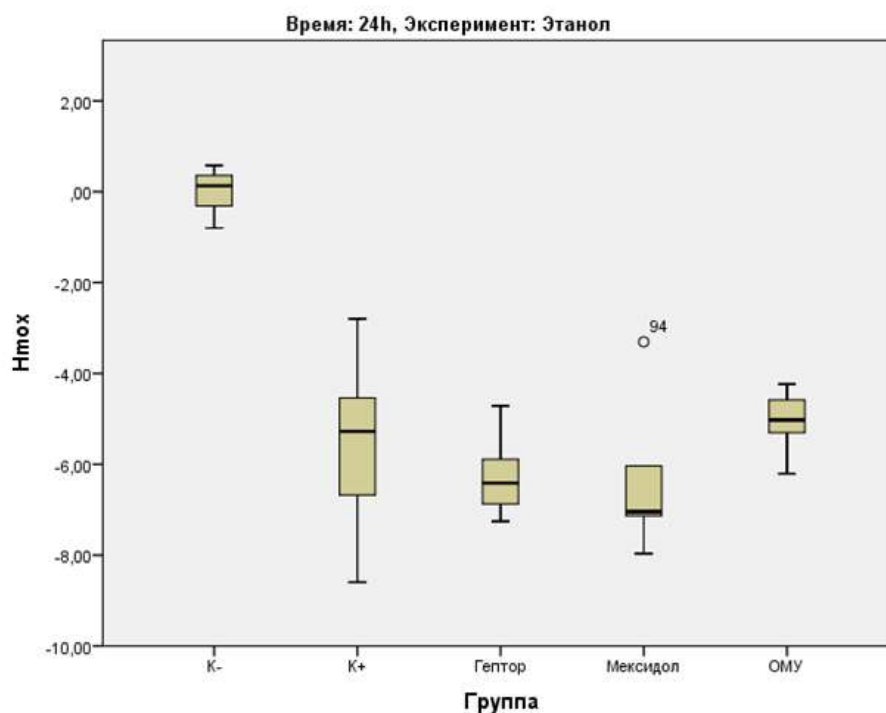


Рис. Кратность экспрессии гена *Htox1* спустя 24 часа после интоксикации этанолом и после лекарственной коррекции

Ранее в эксперименте на крысах было показано, что схема введения гепатопротекторных препаратов во многом определяют их эффективность при остром отравлении этанолом [14]. Таким образом, ни один препарат не показал значительного эффекта на транскрипционную активность гена *Htox1* на фоне интоксикации этанолом. Однако приняв во внимание то, что при применении ОМУ уровень экспрессии гена был чуть выше, чем в остальных группах, можно предположить, что клинический потенциал данного вещества при отравлениях этанолом несколько лучше, чем у других представленных препаратов.

Список литературы:

1. Тарасова Л. В. Алкогольная болезнь печени – наиболее актуальная проблема современной гепатологии. Ремедиум Приволжье. 2016;9 (149):15-20.
2. Пауков В. С., Ерохин Ю. А. Патологическая анатомия алкогольной болезни. Альманах клинической медицины. 2020;2(48).

3. Ивашкин В. Т., Маевская М. В., Павлов Ч. С., Сиволап Ю. П., Луньков В. Д., Жаркова М. С. и др. Клинические рекомендации Российского общества по изучению печени по ведению взрослых пациентов с алкогольной болезнью печени. Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2017;6 (27):20-40.
4. Seitz H. K., Bataller R., Cortez-Pinto H., Gao B., Gual A., Lackner C. et al. Alcoholic liver disease. *Nature Reviews Disease Primers*. 2018;1(4):1-22.
5. Gozzelino R., Jeney V., Soares M. P. Mechanisms of cell protection by heme oxygenase-1. *Annual review of pharmacology and toxicology*. 2010;50:323-354.
6. El-Achkar G. A., Mrad M. F., Mouawad C. A., Badran B., Jaffa A. A., Motterlini R. et al. Heme oxygenase-1—Dependent anti-inflammatory effects of atorvastatin in zymosan-injected subcutaneous air pouch in mice. *PLoS one*. 2019;5(14):0216405.
7. Ryter S. W., Choi A. M. K. Targeting heme oxygenase-1 and carbon monoxide for therapeutic modulation of inflammation. *Translational Research*. 2016;1(167):7-34
8. Němeček D., Dvořáková M., Heroutová I., Chmelíková E., Sedmíková M. Anti-apoptotic properties of carbon monoxide in porcine oocyte during in vitro aging. *PeerJ*. 2017; 5: e3876.
9. Wen T., Guan L., Zhang Y. L., Zhao, J. Y. Dynamic changes of heme oxygenase-1 and carbon monoxide production in acute liver injury induced by carbon tetrachloride in rats. *Toxicology*. 2006;1(228):51-57.
10. Wei C. L., Lee K. H., Khoo H. E., Hon W. M. Expression of haem oxygenase in cirrhotic rat liver. *The Journal of Pathology: A Journal of the Pathological Society of Great Britain and Ireland*. 2003;3(199):324-334.
11. Bakhautdin B., Das D., Mandal P., Roychowdhury S., Danner J., Bush K. et al. Protective role of HO-1 and carbon monoxide in ethanol-induced hepatocyte cell death and liver injury in mice. *Journal of hepatology*. 2014;5(61):1029-1037.
12. Родионов Г. Г., Хурцилава О. Г., Плужников Н. Н., Накатис Я. А., Бакулина Л. С., Константинов Д.П. и др. Оксидативный стресс и воспаление: патогенетическое партнерство. СПб.: СЗГМУ им. И. И. Мечникова; 2012.
13. Drummond G. S., Baum J., Greenberg M., Lewis D., Abraham N. G. HO-1 overexpression and underexpression: Clinical implications. *Archives of biochemistry and biophysics*. 2019; 673:108073.
14. Гребенюк А. Н., Рейнюк В. Л., Антушевич А. Е., Халютин Д. А., Маркосян А. М. Эффективность нейропептида и гепатопротекторов пептидной и непептидной природы в терапии острых крайне тяжелых отравлений этиловым спиртом. *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2014; 1: 136-141.

References:

1. Tarasova L.V. Alcoholic liver disease is the most pressing problem of modern hepatology. *Remedium Volga region*. 2016;9 (149):15-20.
2. Paukov V.S., Erokhin Yu. A. Pathological anatomy of alcoholic disease. *Almanac of Clinical Medicine*. 2020;2(48).
3. Ivashkin V.T., Mayevskaya M.V., Pavlov Ch. S., Sivolap Yu. P., Lunkov V.D., Zharkova M.S., et al. Clinical guidelines of the Russian Society for the Study of the Liver for Management of

- adult patients with alcoholic liver disease. *Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology*. 2017;6(27):20-40.
4. Seitz H. K., Bataller R., Cortez-Pinto H., Gao B., Gual A., Lackner C. et al. Alcoholic liver disease. *Nature Reviews Disease Primers*. 2018;1(4):1-22.
 5. Gozzelino R., Jeney V., Soares M. P. Mechanisms of cell protection by heme oxygenase-1. *Annual review of pharmacology and toxicology*. 2010;50:323-354.
 6. El-Achkar G. A., Mrad M. F., Mouawad C. A., Badran B., Jaffa A. A., Motterlini R., et al. Heme oxygenase-1—Dependent anti-inflammatory effects of atorvastatin in zymosan- injected subcutaneous air pouch in mice. *PLoS one*. 2019;5(14):0216405.
 7. Ryter S. W., Choi A. M. K. Targeting heme oxygenase-1 and carbon monoxide for therapeutic modulation of inflammation. *Translational Research*. 2016;1(167):7-34
 8. Němeček D., Dvořáková M., Heroutová I., Chmelíková E., Sedmíková M. Anti-apoptotic properties of carbon monoxide in porcine oocyte during in vitro aging. *Peer J*. 2017;5:3876.
 9. Wen T., Guan L., Zhang Y. L., Zhao, J. Y. Dynamic changes of heme oxygenase-1 and carbon monoxide production in acute liver injury induced by carbon tetrachloride in rats. *Toxicology*. 2006;1(228):51-57.
 10. Wei C. L., Lee K. H., Khoo H. E., Hon W. M. Expression of haem oxygenase in cirrhotic rat liver. *The Journal of Pathology: A Journal of the Pathological Society of Great Britain and Ireland*. 2003;3(199):324-334.
 11. Bakhautdin B., Das D., Mandal P., Roychowdhury S., Danner J., Bush K. et al. Protective role of HO-1 and carbon monoxide in ethanol-induced hepatocyte cell death and liver injury in mice. *Journal of hepatology*. 2014;5(61):1029-1037.
 12. Rodionov G. G., Khurtsilava O. G., Pluzhnikov N. N., Nakatis Ya. A., Bakulina L.S., Konstantinov D.P. et al. Oxidative stress and inflammation: pathogenetic partnership. St. Petersburg: the Mechnikov NWSMU; 2012.
 13. Drummond G. S., Baum J., Greenberg M., Lewis D., Abraham N. G. HO-1 overexpression and underexpression: Clinical implications. *Archives of biochemistry and biophysics*. 2019;673:108073.
 14. Grebenyuk A.N., Reynyuk V.L., Antushevich A.E., Khalyutin D.A., Markosyan A.M. Efficiency of neuropeptide and hepatoprotectors of peptide and non-peptide nature in the treatment of acute extremely severe poisoning with ethyl alcohol. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2014;1:136-141.

Поступила/Received: 25.02.2021

Принята в печать/Accepted: 04.03.2021

УДК 613.81:663.5

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА АЛКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ И ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ

Аллаярова Г.Р., Ларионова Т.К., Даукаев Р.А., Аухадиева Э.А., Зеленковская Е.Е, Афонькина С.Р., Фазлыева А.С.

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

Целью работы является оценка качества и безопасности спиртосодержащей продукции и расчет неканцерогенного и канцерогенного риска для здоровья человека. Выявлено, что содержание токсичных микропримесей в проанализированных водках не превышает нормативных значений. Оценка риска здоровью показала, что неканцерогенный риск не превышает приемлемого значения. Индивидуальный канцерогенный риск при употреблении алкогольной продукции находится на предельно допустимом уровне. Однако при увеличении объемов потребления водки (более 100 мл в сутки) или при употреблении самогона возможны нарушения здоровья.

Ключевые слова: алкогольная продукция, токсичные микропримеси, оценка риска здоровью человека, канцерогенный риск, неканцерогенный риск.

Для цитирования: Аллаярова Г.Р., Ларионова Т.К., Даукаев Р.А., Аухадиева Э.А., Зеленковская Е.Е, Афонькина С.Р., Фазлыева А.С. Анализ качества алкогольной продукции и оценка риска для здоровья потребителя. Медицина труда и экология человека. 2021: 1:108-116

Для корреспонденции: Аллаярова Гузель Римовна, к.б.н., старший научный сотрудник ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», E-mail: Guzel-all@mail.ru.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10111>

ANALYSIS OF THE QUALITY OF ALCOHOLIC BEVERAGES AND ASSESSMENT OF CONSUMER HEALTH RISKS.

Allayarova G.R., Larionova T.K., Daukaev R.A., Aukhadieva E.A., Zelenkovskaya E.E., Afonkina S.R., Fazlyeva A.S.

The aim of the work is to assess the quality and safety of alcohol-containing products and to calculate the non-carcinogenic and carcinogenic risks to human health. It was revealed that the content of toxic trace impurities in the analyzed vodkas does not exceed the standard values. The health risk assessment showed that the non-carcinogenic risk does not exceed the acceptable value. Individual carcinogenic risk from alcohol consumption is at the maximum permissible level. However, with an increase in the volume of vodka consumption (more than 100 ml per day) or with the use of moonshine, health problems are possible.

Key words: alcoholic products, toxic trace impurities, human health risk assessment, carcinogenic risk, non-carcinogenic risk

Citation: Allayarova G.R., Larionova T.K., Daukaev R.A., Aukhadieva E.A., Zelenkovskaya E.E., Afonkina S.R., Fazlyeva A.S. Analysis of the quality of alcoholic beverages and assessment of consumer health risks. Occupational health and human ecology. 2021: 1:108-116

Correspondence: *Guzel R. Allayarova, CSc (Biology), Senior Researcher, Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, E-mail: Guzel-all@mail.ru.*

Financing: *The study had no financial support.*

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

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2021-10111>

Высокий уровень потребления крепких алкогольных напитков в России является одной из наиболее актуальных угроз общественному здоровью и благополучию. Алкоголь является одним из основных факторов риска заболеваемости и смертности населения. Существенно возросшее потребление алкоголя является одной из причин многочисленных негативных сдвигов в состоянии здоровья российского населения [2].

Безопасность крепкой алкогольной продукции в значительной степени зависят от используемого в качестве сырья этилового спирта. Этиловый ректифицированный спирт вырабатывается в соответствии с ГОСТ 5962-2013¹¹, его качество зависит от вида сырья и условий его хранения, технологии подготовки зерна к осахариванию, процесса гидролиза крахмала, внесения дрожжей, сбраживания, а также от санитарного состояния оборудования [1].

Качество крепких алкогольных напитков, в том числе водки, определяется содержанием и концентрацией различных микропримесей, таких как альдегиды, сивушные масла, сложные эфиры. Примеси оказывают вредное воздействие на организм человека и являются побочными продуктами спиртового брожения [4]. Сивушные масла могут вызывать тяжелое опьянение, причем их комплексное токсическое действие больше, чем у каждого компонента в отдельности. Высокое содержание сивушного масла вызывает раздражение слизистых оболочек желудочно-кишечного тракта, головные боли, рвоту, угнетение дыхания. Уксусный альдегид образуется в процессе брожения с аэрацией или при повышении температуры брожения. Сложные эфиры, влияющие на запах алкогольного напитка, образуются в процессе взаимодействия органических кислот со спиртом. Учитывая широкое потребление алкогольных напитков населением и то, что примеси, содержащиеся в спирте, обладают токсическим действием, а уксусный альдегид - канцерогенным эффектом, продолжает оставаться актуальной оценка риска здоровью человека [3].

Цель работы – оценить риск здоровью человека от употребления спиртосодержащей продукции различного качества.

Материал и методы. Исследования 60 образцов водки различных производителей и 15 образцов спиртосодержащих напитков самодельного производства (самогона) были проведены в аккредитованном Испытательном центре Федерального бюджетного учреждения науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека». Количественное определение содержания токсичных микропримесей проводили по утвержденным методическим документам¹². Определение содержания токсичных микропримесей выполнено газохроматографическим экспресс-методом с использованием капиллярных колонок (для определения метилового спирта, компонентов сивушного масла, уксусного альдегида, сложных эфиров). Метод основан на хроматографическом разделении микропримесей в образце водки и последующем их

¹¹ ГОСТ 5962-2013 «Спирт этиловый ректифицированный из пищевого сырья. Технические условия».

¹² ГОСТ 30536–2013 «Водка и спирт этиловый из пищевого сырья. Газохроматографический экспресс-метод определения содержания токсичных микропримесей»

детектировании пламенно-ионизационным детектором на приборе «Кристалл 5000М», оснащенный автоматическим жидкостным дозатором «ДАЖ-2М».

Оценка риска здоровью населения от воздействия токсичных микропримесей алкоголя проведена в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920-04¹³ и методическими указаниями МУ 2.3.7.2519-09¹⁴. Для расчета экспозиции были взяты средние концентрации токсичных примесей, поступающих в организм человека, исходя из ежедневно потребляемого крепкого алкогольного напитка в объеме 100 мл.

Статистические расчеты производили с помощью программного пакета IBM Statistics 21.0 (IBM, США). Проверку распределения на нормальность осуществляли с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Полученные при анализе данные обрабатывали с помощью однофакторного дисперсионного анализа. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Результаты анализа проб водки представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-химические показатели проанализированных проб водки

Статистические показатели	Массовая доля		Массовая концентрация		
	этаноло, %	метилового спирта в пересчете на безводный спирт, %	уксусного альдегида в 1 дм ³ безводного спирта, мг	сивушного масла (изопропанол) в 1 дм ³ безводного спирта, мг	сложных эфиров в 1 дм ³ безводного спирта, мг
n=30	Спирт «Люкс»				
норма	37,5-56,0	Не более 0,02	Не более 3	Не более 5	Не более 5
медиана	40,0	0,0008	1,16	0,58	Менее 0,5
Среднее значение, ошибка среднего	40,0±0,1	0,0012±0,0003	1,39±0,16	0,53±0,10	Менее 0,5
max	40,1	0,0041	2,80	1,90	Менее 0,5
min	39,9	Менее 0,0001	Менее 0,5	Менее 0,5	Менее 0,5
n=30	Спирт «Альфа»				
норма	37,5-	Не более	Не более 3	Не более 5	Не более

¹³ Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду»

¹⁴ МУ 2.3.7.2519-09 «Определение экспозиции и оценка риска воздействия химических контаминантов пищевых продуктов на население»

	56,0	0,003			10
медиана	40,0	0,0010	0,91	0,78	Менее 0,5
среднее	40,0±0,1	0,0012±0,0002	0,93±0,15	0,70±0,07	Менее 0,5
max	40,1	0,0027	2,19	1,05	Менее 0,5
min	39,9	0,0003	Менее 0,5	Менее 0,5	Менее 0,5

Анализ данных лабораторного контроля 30 водок из спирта «Люкс» и 30 водок из спирта «Альфа» на соответствие требованиям ГОСТ 12712-2013¹⁵ по ряду показателей – этиловый спирт, метиловый спирт, уксусный альдегид, сивушное масло – показал, что их содержание не превышает регламентируемых значений. Но так как уровень потребления крепких алкогольных напитков у отдельных групп населения является достаточно высоким, представилось целесообразным определить уровень риска для здоровья населения от воздействия вредных примесей, содержащихся в водочной продукции.

Данные о содержании токсичных микропримесей в водках позволили сделать расчет суточных доз поступления химических веществ в организм человека (табл. 2).

Таблица 2

Суточные дозы поступления и коэффициенты опасности развития неканцерогенных эффектов при употреблении водочной продукции

Характеристика риска	Массовая доля		Массовая концентрация	
	этанола %	метилового спирта в пересчете на безводный спирт, %	уксусного альдегида в 1 дм ³ безводного спирта, мг	сивушного масла (изопропиловый спирт) в 1 дм ³ безводного спирта, мг
Спирт «Люкс»				
Средние суточные дозы LADD, мг/(кг*день)	0,057	1,95*10 ⁻⁸	0,0013	1,47*10 ⁻¹⁰
Суммарная суточная доза, мг/(кг*день)	0,0583			
Спирт «Альфа»				
Средние суточные дозы LADD, мг/(кг*день)	0,057	1,30*10 ⁻⁸	0,00076	1,30*10 ⁻¹⁰

¹⁵ ГОСТ 12712-2013 «Водки и водки особые. Общие технические условия»

Суммарная суточная доза, мг/(кг*день)	0,0579			
Спирт «Люкс»				
Коэффициенты опасности развития неканцерогенных эффектов HQ	0,0011	$2,3 \cdot 10^{-9}$	0,028	$3,9 \cdot 10^{-8}$
Индекс опасности HI	0,029			
Спирт «Альфа»				
Коэффициенты опасности развития неканцерогенных эффектов HQ	0,0011	$2,0 \cdot 10^{-9}$	0,019	$2,6 \cdot 10^{-8}$
Индекс опасности HI	0,020			
Критические органы и системы	-	Развитие	Желудочно-кишечный тракт	Центральная нервная система

Суммарная средняя суточная доза (поступление) микропримесей при употреблении 100 мл в день водки из спирта «Люкс» составляет 0,0581 мг/(кг*день), а при употреблении водки из спирта «Альфа» - 0,0579 мг/(кг*день). Зная среднюю суточную дозу поступления можно рассчитать величину неканцерогенного риска. Оценка неканцерогенного риска проводится с использованием величины референтных доз, которые являются индивидуальной характеристикой для каждого химического вещества.

Оценка риска здоровью показала, что неканцерогенный риск не превышает приемлемого значения (приемлемое значение HI=1,0) и вероятность развития у человека вредных эффектов при ежедневном поступлении данных веществ характеризуется как допустимое. Так как наибольший вклад в индекс опасности вносит ацетальдегид, вероятность развития неблагоприятных эффектов характерна для желудочно-кишечного тракта (HQ=0,028 и HQ=0,019).

Для оценки канцерогенного риска использовали величины канцерогенного потенциала, для уксусного альдегида в расчет был взят ингаляционный потенциал. Полученная величина риска прогнозирует вероятность развития онкологических заболеваний при заданных уровнях дозовых нагрузок [5].

Индивидуальный канцерогенный риск при употреблении водки из спирта «Люкс» составляет $8,7 \cdot 10^{-6}$, водки из спирта «Альфа» - $5,8 \cdot 10^{-6}$ и находится на уровне предельно допустимого риска (диапазон от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{-4}$).

Можно предположить, что величины канцерогенных и неканцерогенных эффектов могут возрасти, если учитывать большой объем употребляемой ежедневно водки (больше 100 мл).

Так как часть населения, особенно сельского, употребляет алкогольную продукцию собственного изготовления, был проведен хроматографический анализ 15 образцов самогона. Результаты анализа представлены в таблице 3.

Таблица 3

Физико-химические показатели проанализированных проб самогона

Физико-химические показатели	Статистические показатели (n=15)			
	Медиана	Среднее значение, ошибка среднего	max	min
Массовая доля, %:				
этанол	39,8	43,3±1,1	54,0	39,5
метилового спирта в пересчете на безводный спирт	0,00038	0,00045±0,00004	0,00077	0,00028
Массовая концентрация в 1 дм³ безводного спирта, мг:				
уксусного альдегида	4,58	4,78±0,59	8,47	1,58
Сивушных масел:				
-изопропиловый спирт	282,05	286,23±20,70	411,40	169,40
-изобутиловый спирт	308,65	302,83±18,86	419,60	174,40
-бутиловый спирт	5,19	5,26±0,54	80,68	2,00
-изоамиловый спирт	465,30	525,25±77,05	1070,10	100,30
Сложных эфиров:				
-ацетат	0,60	0,65±0,09	1,42	<0,5
-этилацетат	16,52	18,35±2,37	36,50	3,87

Сравнительный статистический анализ показал, что проанализированные образцы алкогольной продукции имеют значимые различия по содержанию ацетальдегида ($F=33,520$; $p<0,05$), метанола ($F=5,371$; $p<0,05$) и изопропилового спирта ($F=200,798$; $p<0,05$). Среднее значение ацетальдегида ($4,78\pm0,59$) в самогоне выше, чем в водке из спирта «Альфа» ($0,93\pm0,15$), а содержание изопропилового спирта ($286,23\pm20,70$) в самогоне больше, чем в водке из спирта «Люкс» ($0,53\pm0,10$) ($p=0,0001$). Среднее значение метанола в водке из спирта «Альфа» ($0,0012\pm0,0002$) больше, чем в самогоне ($0,0005\pm0,0002$) ($p=0,0001$). В таблице 4 приведены средние значения компонентов проанализированной алкогольной продукции.

Таблица 4

Средние значения компонентов алкогольной продукции

Алкогольная продукция	Массовая доля		Массовая концентрация		
	этанола, %	метилового спирта в пересчете на безводный спирт, %	уксусного альдегида в 1 дм ³ безводного спирта, мг	сивушного масла в 1 дм ³ безводного спирта, мг	сложных эфиров в 1 дм ³ безводного спирта, мг
водка из спирта «Люкс»	40,0±0,1	0,0012±0,0003	1,39±0,16	0,53±0,10	Менее 0,5
водка из спирта «Альфа»	40,0±0,1	0,0012±0,0002	0,93±0,15	0,70±0,07	Менее 0,5
Самогон	43,3±1,1	0,00045±0,00004	4,78±0,59	1119,6±165,52	19,00±3,52

По результатам анализа самогона был произведен расчет среднесуточной дозы и коэффициентов опасности развития неканцерогенных эффектов, представленных в таблице 5.

Таблица 5

Суточные дозы поступления и коэффициенты опасности развития неканцерогенных эффектов при употреблении самогонной продукции

Характеристика риска	Массовая доля, %		Массовая концентрация в 1 дм ³ безводного спирта, мг				
			уксусного альдегида	сивушного масла		сложных эфиров	
	этанола	метилового спирта в пересчете на безводный спирт		изопропиловый спирт	изобутиловый спирт	метилацетат	этилацетат
Средние суточные дозы LADD,	0,062	6,5*10 ⁻⁷	0,0069	0,409	0,433	0,00093	0,026

мг/(кг*день)							
Суммарная суточная доза, мг/(кг*день)	0,94						
Коэффициенты опасности развития неканцерогенных эффектов HQ	0,0011	$1,29 \cdot 10^{-6}$	0,171	6,39	1,44	0,00093	0,029
Критические органы и системы	-	ЦНС, биохимия	Желудочно-кишечный тракт	Развитие	ЦНС, нервная система	Печень	Системн. (смертность, масса тела)
Индекс опасности HI	8,0						

Рассчитанная на основе полученных данных суммарная нагрузка токсичными микропримесями на организм потребителя составляет 0,94 мг/кг*день.

Как видно из таблицы 5, индекс опасности HI=8,0, что свидетельствует о вероятности возникновения вредных эффектов. Наибольший вклад в суммарную величину неканцерогенного риска вносят сивушные масла: изопропиловый спирт (HQ=6,39) и изобутиловый спирт (HQ=1,44). Наибольшему риску возникновения неблагоприятных эффектов подвержена центральная нервная система и общее развитие человека.

Показатель канцерогенного риска от воздействия уксусного альдегида соответствует предельно допустимой величине ($5,3 \cdot 10^{-5}$).

Таким образом, при употреблении алкогольной продукции собственного производства или при увеличении объемов (более 100 мл, взятых для расчетов) потребления водки возможны нарушения здоровья потребителя. При оценке риска здоровью населения необходимо учитывать действие токсичных примесей, содержащихся в спирте, с учетом продолжительности, объемов и частоты употребления.

Список литературы:

1. Белова Л.В., Киселев А.В., Пилькова Т.Ю., Перстнева Е.А. Оценка риска здоровью потребителя в зависимости от качества отечественной спиртосодержащей продукции. ЗНиСО. 2014;5:40-42.
2. Озерова О.В. Приверженность алкоголю в России: социальные различия и тенденции в 1990-е и 2000-е гг. ЖССА. 2016;1. URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/priverzhennost-](https://cyberleninka.ru/article/n/priverzhennost)

alkogolyu-v-rossii-sotsialnye-razlichiya-i-tendentsii-v-1990-e-i-2000-e-gg (дата обращения: 18.02.2021).

3. Проблемы идентификации алкогольсодержащей продукции. Сборник трудов. М.: АСМС, 2001:199.
4. Поляков В.А., Абрамова И.М., Зенина Г.П., Шелехова Т. М., Аристархова Т.Ю. Образование ацетона и других микропримесей в водках в процессе хранения. Пиво и напитки. 2014;6:10-13.
5. Феттер В.В. Оценка риска для здоровья населения химической контаминации продуктов питания и продовольственного сырья. Анализ риска здоровью населения. 2013;4:54-64.

References:

1. L.V. Belova, A.V. Kiselev, T.Yu. Pilkova, E.A. Perstneva. Assessment of consumer health risk depending on the quality of domestic alcohol-containing products. Pop. Health and Envir. 2014;5:40-42.
2. Ozerova O.V. Adherence to alcohol in Russia: social differences and trends between 1990s and 2000s // FSHS. 2016.1. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/priverzhennost-alkogolyu-v-rossii-sotsialnye-razlichiya-i-tendentsii-v-1990-e-i-2000-e-gg>.
3. Problems of identification of alcohol-containing products // Collection of scientific papers. М.: ASMS, 2001:199.
4. V.A. Polyakov, I.M. Abramova, G.P. Zenina, T.M. Shelekhova, T.Yu. Aristarkhova. Formation of acetone and other trace impurities in vodkas during storage. Beer and drinks. 2014;6:10-13.
5. Fetter V.V. Assessment of public health risk of chemical contamination of food and food raw materials. Analysis of public health risk. 2013;4:54-64.

Поступила/Received: 02.03.2021

Принята в печать/Accepted: 10.03.2021