

Приложение к Международному  
научно-практическому журналу

# МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В МЕДИЦИНЕ

## TRACE ELEMENTS IN MEDICINE

---

V Международная научно-практическая конференция

### "Биоэлементы"

**(фундаментальные основы и практический опыт  
применения биоэлементов в медицине, пищевой  
промышленности, экологии и сельском хозяйстве)**

*посвящена памяти профессора В.А. Бондаренко  
и 20-летию создания РОСМЭМ*

12-13 мая 2021, Оренбург

Тезисы докладов

Оренбург • 2021 • Orenburg

---

## **ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ**

### **Основатель конференции**

*Скальный А.В.* – д.м.н., профессор, вице-президент Института Микроэлементов ЮНЕСКО

### **Председатель**

*Мирошников С.А.* – член-корреспондент РАН, д.б.н. профессор, врио ректора ОГУ

### **Сопредседатель**

*Нотова С.В.* – д.м.н., профессор, первый проректор ОГУ

### **Секретари:**

*Баранова О.В.* – к.б.н., доцент, заведующий лабораторией нутрициологии  
Института биоэлементологии ОГУ

*Кван О.В.* – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории нутрициологии  
Института биоэлементологии ОГУ

### **Члены оргкомитета:**

*Бурцева Т.И.* – д.б.н., доцент, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности ОГУ

*Горбачев А.Л.* – д.б.н., профессор Северо-Восточного государственного университета (СВГУ)

*Киричук А.А.* – к.с.-х.н., доцент, проректор Российского университета дружбы народов (РУДН)

*Корчина Т.Я.* – д.м.н., профессор Ханты-Мансийской государственной медицинской академии

*Лебедев С.В.* – д.б.н., врио директора Федерального научного центра биологических систем  
и агротехнологий РАН

*Летута С.Н.* – д.ф.-м.н., профессор, проректор по научной работе ОГУ

*Лукьянова Н.А.* – д.ф.н., профессор и руководитель отделения социально-гуманитарных наук  
школы базовой инженерной подготовки Томского политехнического университета

*Радыш И.В.* – д.м.н., профессор, первый заместитель директора по учебной работе  
медицинского института Российского университета дружбы народов (РУДН)

*Сальникова Е.В.* – д.б.н., доцент, заведующий кафедрой химии ОГУ

*Сизова Е.А.* – д.б.н., доцент, заместитель директора по науке Федерального научного центра  
биологических систем и агротехнологий РАН

*Тиньков А.А.* – к.м.н., исполнительный директор Института биоэлементологии ОГУ

### **Международный организационный комитет:**

*Гладышев В.Н.* – к.х.н., профессор, руководитель лаборатории системной биологии старения  
в НИИ ФХБ МГУ им. М. В. Ломоносова, директор медицинской школы  
Гарвардского университета (Бостон, США)

*Гусейнов Т.М.* – д.б.н., профессор, руководитель лаборатории «экологическая биофизика»  
Института биофизики НАН Азербайджанской республики (г. Баку, Азербайджан)

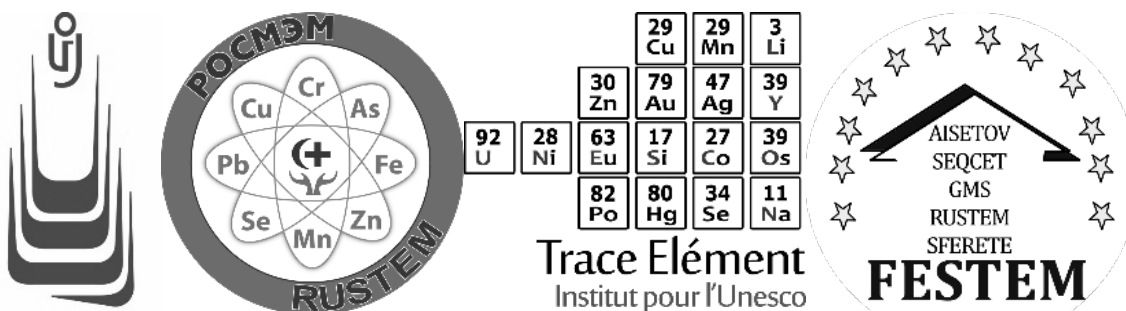
*Каплуненко В.Г.* – д.т.н., генеральный директор  
ООО «Наноматериалы и нанотехнологии» (г. Киев, Украина)

*Шафран Л.М.* – д.м.н., профессор, первый заместитель директора  
ГП «Украинский научно-исследовательский институт медицины транспорта»  
Минздрава Украины (г. Одесса, Украина)

---

---

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»  
Российское общество медицинской элементологии (РОСМЭМ)  
Российский сателлитный центр Института Микроэлементов ЮНЕСКО  
Федерация Европейских обществ по изучению микроэлементов (FESTEM)



## V Международная научно-практическая конференция «**БИОЭЛЕМЕНТЫ**»

(фундаментальные основы и практический опыт применения биоэлементов в медицине,  
пищевой промышленности экологии и сельском хозяйстве)

*посвящена памяти профессора В.А. Бондаренко и 20-летию создания РОСМЭМ*

дистанционно-очный формат

### Научные направления

- Фундаментальные вопросы биоэлементологии.
- Биоэлементы в биотехнологии, питании человека, животных и растений.
- Биоэлементы в физиологии человека, животных и растений.
- Биоэлементы в патологии человека, животных и растений.
- Вопросы прикладной аналитической химии в биоэлементологии.
- Гигиеническая (эпидемиологическая) диагностика, оценка риска и профилактика элементозов, экологические исследования.



12–13 мая 2021, Оренбург

Город Оренбург – удивительный город России. Во времена царствования императрицы Анны (1730–1740) этот город был основан как «ворота в Азию».

Оренбургский государственный университет (ОГУ) – один из самых молодых и динамично развивающихся вузов России. На сегодняшний день в структуре ОГУ 6 филиалов и 5 колледжей, 19 учебно-лабораторных корпусов, крупнейшая в регионе научная библиотека и объекты социокультурной сферы. Среди выпускников – государственные деятели, ученые, руководители крупнейших предприятий, инженеры и бизнесмены, работающие в разных уголках страны и мира.

Институт биоэлементологии, созданный в 2003 г., является подразделением ОГУ и с 2004 г. – Российским сателлитным центром Института микроэлементов ЮНЕСКО; директор Института – д.м.н. профессор А.В. Скальный.

За время работы института сотрудниками подготовлено 67 диссертаций, в том числе 10 докторских работ, опубликовано свыше 1,5 тыс. научных работ, в том числе 46 монографий, 43 учебных пособия, 800 статей в периодических изданиях, рекомендованных ВАК, а также входящих в базу Scopus и WoS, получено более 30 премий как федерального, так и регионального уровня.

Сотрудники Института биоэлементологии ОГУ являются активными членами Российского общества медицинской элементологии, основанного в апреле 2001 г. и отмечающего в этом году двадцатилетие.

Огромную роль в основании и дальнейшем развитии института сыграл ректор ОГУ Виктор Анатольевич Бондаренко – заслуженный деятель науки Российской Федерации (2000), действительный член

Академии транспорта и Академии проблем качества РФ, действительный член Нью-Йоркской Академии наук. В.А. Бондаренко награжден орденом «Знак Почета» (1996), орденом святого благоверного князя Даниила Московского III степени (2005). Благодаря идеям и деятельности Виктора Анатольевича университет остается лучшим вузом Оренбуржья, его филиалы достойно представляют ОГУ в своей работе.

В настоящее время биоэлементология как интегративное направление наук о жизни получила интенсивное развитие. Лаборатории биоэлементологии созданы в Ярославском государственном университете им. П.Г. Демидова (г. Ярославль), Российском университете дружбы народов (Москва), ФГАОУ ВО Первом МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (Москва), Северо-Восточном федеральном университете им. М.К. Амосова (Москва), национальном исследовательском университете ИТМО (Санкт-Петербург), Московском государственном университете технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Москва). Планируется создание кафедры биоэлементологии в Томском политехническом университете (г. Томск). Научное общество биоэлементологии создано на Тайване. Члены РОСМЭМ и Института биоэлементологии развивают тесное научное сотрудничество с учеными из США, Норвегии, Германии, Польши, Италии, Болгарии, Китая и т.д.

В этой связи дальнейшее развитие научных исследований в этом направлении будет способствовать решению широкого спектра научно-практических задач международного уровня.



**Виктор Анатольевич Бондаренко**

заслуженный деятель науки Российской Федерации,  
почетный гражданин г. Оренбурга,  
доктор технических наук, профессор,  
ректор Оренбургского государственного университета  
(1989–2006)

---

# Биоэлементология – наука XXI века !

---

На базе ОГУ состоялась V Международная научно-практическая конференция «Биоэлементы». Мероприятие было посвящено памяти профессора В.А. Бондаренко, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, доктора технических наук, профессора, экс-ректора ОГУ, и 20-летию создания Российского общества медицинской элементологии (РОСМЭМ).

В конференции принял участие большой круг специалистов: вице-президент Института Микроэлементов ЮНЕСКО Анатолий Скальный (Москва), зав. кафедрой гигиены детей и подростков Сеченовского Университета Владислав Кучма (Москва), ректор МГУТУ им. К.Г. Разумовского Сергей Чеботарев (Москва), профессор Исаак Сун-Жень Хуан (Тайвань), ректор ОрГМУ Игорь Мирошниченко (г. Оренбург). Спикеры делились мнениями не только очно, но и в дистанционном формате. В режиме видеосвязи выступили ученые из США, Норвегии и Франции.

Одна из главных тем – меры по борьбе с COVID-19. Пандемия, которая накрыла весь мир в марте 2020 г., заставила страны по-другому посмотреть на здоровье людей. В ходе пленарного заседания вице-президент Института Микроэлементов ЮНЕСКО Анатолий Скальный заострил внимание на значении микроэлементов в борьбе с вирусом.

«Микроэлементы – одна из первых линий обороны против ковида. Многие имеют антисептические свойства, кроме того они влияют на очищение нашей слизи от вирусных частиц. Когда же опасные бактерии проникают в организм, их встречает иммунная система, которая активируется благодаря микроэлементам. Наиболее важным является цинк», – отметил Анатолий Скальный. В результате многочисленных исследований доктор медицинских наук пришел к выводу, что каждый человек несет в своем организме уникальный биохимический рисунок. Если правильно скорректировать элементный состав, то люди будут болеть меньше, а жить дольше.

Ректор Московского государственного университета технологий и управления Сергей Чеботарев обратил внимание на связь биоэлементологии и физики. По его мнению, методы, которые разрабатывались еще в 60-х годах XX века, сейчас нашли широкое применение не только для развития атомной энергетики, но и медицины.

Одна из главных задач конференции – сократить путь от разработок до их внедрения на практике.

«Мы пригласили широкий круг специалистов, с которыми будем работать. Думаю, это новая точка отсчета, которая позволит активно развивать направления биоэлементологии. Такая конференция – это отличный пример для студентов, чтобы показать, что здесь, в Оренбурге, можно работать на мировом уровне», – прокомментировал врио ректора ОГУ Сергей Мирошников.

## Круглый стол «Школьное питание и здоровье будущих поколений»

В рамках конференции 13 мая состоялся круглый стол на тему, посвященный проблемам школьного питания и здоровья будущих поколений.

Обсудить проблемы и высказать свою точку зрения на развитие подрастающего поколения на конференцию пришли десятки спикеров: представители научного сообщества Москвы и Оренбурга, регионального министерства образования, Роспотребнадзора, бизнес-сообщества, комбинатов школьного питания и общественные деятели.

«Круглый стол» открыл ректор МГУТУ им. К.Г. Разумовского Сергей Чеботарев. Он отметил, что, согласно статистике, у трети всех школьников наблюдаются различные отклонения: нарушение обмена веществ, йододефицит, заболевания печени, сахарный диабет и ожирение. И с каждым годом эта цифра увеличивается. Причиной может быть неправильное питание.

---

Результатами исследований, которые проводились на базе ОГУ, поделилась первый проректор университета Светлана Нотова, в течение нескольких месяцев специалисты отслеживали, как питание детей влияет на успеваемость в школе: «Оценивали рационы питания, содержание химических элементов в организме школьников. Выяснилось, что есть прямая связь: чем больше дефицит элементов, тем ниже успеваемость. Поэтому следует исключить фастфуды, еда должна быть сбалансированной. Это поможет улучшить память, концентрацию и внимание ребенка».

Важная тема, которую затронули в процессе обсуждения, – переход на персонализированное питание и создание «паспорта здоровья школьника». Его предлагают оформить в цифровом формате. Цель такого паспорта – учитывая здоровье ребенка в онлайн-режиме, корректировать рацион его питания. «В Оренбургской области, в отличие от других регионов, уже есть постановление правительства об укреплении общественного здоровья. В документе прописаны возможности для организации категоризованного персонализированного питания», – прокомментировал министр образования Оренбургской области Алексей Пахомов.

Участники «круглого стола» также обсудили новый формат подготовки кадров в области питания, какие продукты должны быть обязательными в рационе школьника, влияние физической активности и пола на уровень концентрации макро- и микроэлементов в организме человека. Многие предложения вызвали бурные обсуждения. В итоге участники конференции пришли к единому мнению – доработать некоторые положения и представить их чиновникам на рассмотрение.

«Школьное питание – один из актуальных вопросов, который необходимо решать уже сегодня. Каждый понимает важность правильных подходов и выработки единых стандартов организации питания. Я благодарен всем, кто принял участие в этой научной конференции. Абсолютно убежден, что те вопросы, которые сегодня рассматривались, будут учтены и применены на практике», – отметил ректор ОГУ Сергей Мирошников.

**Зав. лабораторией нутрициологии  
Института биоэлементологии ОГУ  
О.В. Баранова**

**Ст. научный сотрудник лаборатории нутрициологии  
Института биоэлементологии ОГУ  
О.В. Кван**

---

# ТЕЗИСЫ УСТНЫХ ДОКЛАДОВ

---

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-01

## **ORIGANUM VULGARE И МОЛОЧНАЯ СЫВОРОТКА КАК КОМПОНЕНТЫ НОВОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАПИТКА**

**Е.С. Алешина, Е.А. Дроздова**

Оренбургский государственный университет, 460013, г. Оренбург, пр. Победы, 13

**РЕЗЮМЕ.** В настоящее время пятая часть взрослого населения России, включая жителей Оренбургской области, страдает не только полидефицитным состоянием в отношении витаминов, микро- и макроэлементов, но и пониженным иммунным статусом вследствие перенесенных инфекционных заболеваний, в том числе и вирусной природы. Были оценены основные показатели молочной сыворотки пастеризованной (титруемая и активная кислотность, общая обсемененность и количество бактерий рода *Lactobacillus*), антибактериальные характеристики растительного сырья на примере *Origanum vulgare*. Показано, что добавление в молочную сыворотку эстрактов растительного сырья *O. vulgare* приводит не только к обогащению и без того полезной молочной сыворотки витаминами, микро- и макроэлементами, но и увеличение срока годности продукта.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** микро- и макронутриенты, функциональные напитки, молочная сыворотка, растительные экстракты.

## **ORIGANUM VULGARE AND MILK SERUM AS COMPONENTS OF NEW FUNCTIONAL DRINKS**

**E.S. Aleshina, E.A. Drozdova**

Orenburg State University, 460013, Orenburg, Pr. Pobedy 13

**ABSTRACT.** Currently, a fifth of the adult population of Russia, including residents of our region, suffers not only from a polydeficiency condition with respect to vitamins, micro- and macroelements, but also from a reduced immune status due to infectious diseases, including viral nature. We evaluated the main indicators of pasteurized milk serum (titrated and active acidity, total insemination and number of bacteria of the genus *Lactobacillus*), the antibacterial characteristics of plant raw materials on the example of *Origanum vulgare* and determined that the addition of *O. vulgare* plant raw material extracts to milk serum leads not only to the enrichment of already useful milk whey with vitamins, micro- and macroelements, but also to an increase in the shelf life of the product.

**KEYWORDS:** micro- and macronutrients, functional beverages, milk serum, extracts of plants.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Недостаточное поступление микронутриентов с пищей – общая проблема всех стран. К технологиям обогащения рациона относится совместное использование сырья животного и растительного происхождения, в частности комбинированных молочнокислых продуктов, содержащих экстракты растений, богатых витаминами, биофлавоноидами, антиоксидантами, дубильными веществами, макро- и микроэлементами (Bazarnova, 2006; Chun et al., 2007; Шавыркина и др., 2018).

Цель исследований – оценка влияния экстракта *O. vulgare* на качество напитков функционального питания на основе молочной сыворотки.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Для оценки основных показателей молочной сыворотки пастеризованной и напитка на его основе, а также антибактериальных характеристик растительного сырья *Origanum vulgare* проводили посев на среды ГРМ и MRS и подсчет КОЕ, определение каталазной активности микроорганизмов. Экстракты

растительного сырья получали пропариваем. Полученные результаты анализировали с использованием непараметрической статистики по Манна–Уитни (программа Statistica 6.0 для Windows).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первоначальная оценка показателей качества исследуемых образцов молочной сыворотки соответствует параметрам, регламентированным нормативными документами. В течение всего срока хранения каждого образца молочной сыворотки происходит увеличение численности бактерий рода *Lactobacillus* и в следствие этого нарастание ее титруемой кислотности и понижение активной кислотности. Впоследствии данный процесс приостанавливается и отмечается заметное снижение количества бактериальных колоний и рост количества колоний плесневых грибов и дрожжей.

Минимальная подавляющая концентрация *O. vulgare*, вызывающая достоверную гибель микроорганизмов, составила 200 мг/мл. Добавление *O. vulgare* вело к снижению титруемой и активной кислотности молочной сыворотки, уменьшению количества развивающейся микрофлоры и менее выраженному нарастанию количества плесневых грибов и дрожжей по отношению к исходным образцам молочной сыворотки. Таким образом, добавление *O. vulgare* в молочную сыворотку прогнозируемо увеличивает срок хранения продукта, сохраняя и продлевая свойства получаемого напитка.

## ВЫВОДЫ

Полученные данные позволят получить инновационные продукты на основе молочной сыворотки с добавлением экстрактов растений с пролонгированным сроком хранения и с улучшенными вкусовыми и качественными характеристиками.

## Список литературы

1. Шавыркина Н.А., Обрезкова М.В., Школьников М.Н. Характеристика ферментативных напитков на основе молочной сыворотки и фруктового сока. Вестник КрасГу. 2018; 2: 112–116.
2. Bazarnova Y.G. Study of the flavonoid composition of herbal extracts spectral methods. Voprosy pitaniia Problems of Nutrition. 2006; 1: 5–41.
3. Chun O.K., Chung S.J., Song W.O. Estimated Dietary Flavonoid Intake and Major Food Sources of U.S. Adults. American Society for Nutrition J. Nutr. 2007; 137(5): 1244–1252.

## References

1. Shavyrkin N.A., Obrazkov M.V., Shkolnikov M.N. Characterization of fermentative beverages based on milk whey and fruit juice. Vestnik Kras Gau. 2018; 2: 112–116.
2. Bazarnova Y.G. Study of the flavonoid composition of herbal extracts spectral methods. Voprosy pitaniia Problems of Nutrition. 2006; 1: 5–41.
3. Chun O.K., Chung S.J., Song W.O. Estimated Dietary Flavonoid Intake and Major Food Sources of U.S. Adults. American Society for Nutrition J. Nutr. 2007; 137(5): 1244–1252.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-02

## ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК, ПРОБИОТИЧЕСКИХ ШТАММОВ И ИХ КОМПЛЕКСОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ КАРПА

**А.Е. Аринжанов\*, Е.П. Мирошникова, А.Н. Сизенцов, Ю.В. Килякова**

Оренбургский государственный университет, 460013 г. Оренбург, пр. Победы 13

\*e-mail: arin.azamat@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** В последнее время возрастает интерес к альтернативным кормовым добавкам, таким как биологически активные вещества и ультрадисперсные частицы эссенциальных элементов. Представлены данные сравнительного анализа степени влияния пробиотического штамма *B. subtilis* ВКПМ В-10641, УДЧ Cu+Zn и их комбинированного действия на рост и элементный статус карпа. Полученные данные свидетельствуют о положительной динамике на фоне применения исследуемых добавок как для повышения продуктивности рыб, так и распределения эссенциальных элементов. Наиболее перспективным является использование комбинации исследуемых стимуля-



---

торов роста (пробиотический препарат и УДЧ Cu+Zn) с позиции повышения живой массы и увеличения ключевых эссенциальных элементов в организме рыб.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: наночастицы, пробиотические штаммы, эссенциальные элементы.

## INFLUENCE OF ULTRADISPERSED FEED ADDITIVES, PROBIOTIC STRAINS AND THEIR COMPLEXES ON THE CONTENT OF ESSENTIAL TRACE ELEMENTS IN THE CARP BODY

A.E. Arinzhanov\*, E.P. Miroshnikova, A.N. Sizentsov, Y.V. Kilyakova

Orenburg State University, 460013, Orenburg, Pr. Pobedy 13

\*e-mail: arin.azamat@mail.ru

**ABSTRACT.** Recently, there has been increasing interest in alternative feed additives such as biologically active substances and ultradisperse particles of essential elements. Our work presents the comparative analysis data of the influence degree of the probiotic strain *B. subtilis* RCIM B-10641, UDP Cu+Zn and their combined effect on the carp growth and elemental status. The data obtained indicate the positive dynamics of productivity against the background of the additives use both to increase fish productivity and to distribute essential elements. The most promising is the use of a combination of the studied growth stimulants (probiotic preparation and UDP Cu+Zn) from the standpoint of increasing live weight and the key essential elements in fish body.

**KEYWORDS:** nanoparticles, probiotic strains, essential elements.

### ВВЕДЕНИЕ

Потребности животных в основных элементах питания обеспечиваются путем включения в рацион различных кормовых добавок.

Цель исследования – провести сравнительный анализ степени влияния пробиотического штамма *B. subtilis*, ультрадисперсных частиц (УДЧ) Cu+Zn и их комбинированного действия на рост и элементный статус карпа.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для реализации, поставленной цели исследования в работе были использованы пробиотический препарат Ветом 1.1. (*B. subtilis* ВКПМ В-10641), синтезированные плазмохимическим методом УДЧ Cu+Zn (40% из меди и 60% из цинка). Для оценки степени влияния исследуемых добавок были сформированы четыре экспериментальные группы пар-аналогов, контрольная интактная группа и три опытных: О<sub>1</sub> – с добавлением пробиотического препарата в дозировке 25 мг/кг корма, О<sub>2</sub> – УДЧ Cu+Zn в дозировке 2,84 мг/кг корма, О<sub>3</sub> – комбинация исследуемых добавок в указанных концентрациях. Продолжительность эксперимента составила 45 суток. Исследование элементного состава биосубстратов проводилось атомно-эмиссионным и масс-спектральными методами.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о выраженном биологически активном действии используемых УДЧ Cu+Zn как индивидуально, так и в комплексе с пробиотическим штаммом *B. subtilis*, о чем свидетельствует существенное увеличение живой массы тела в группах О<sub>2</sub> и О<sub>3</sub> на 2,91 и 13,22% ( $p \leq 0,01$ ), в то время как в группе О<sub>1</sub> регистрируются более низкие значения живой массы тела на 16,21% ( $p \leq 0,01$ ) по отношению к интактной группе. Анализ структурного распределения эссенциальных элементов (таблица) свидетельствует о выраженном достоверно значимом увеличении Cu ( $p \leq 0,01$ ), Fe ( $p \leq 0,001$ ), Mn ( $p \leq 0,01$ ), Ni ( $p \leq 0,01$ ), Si ( $p \leq 0,001$ ) и Zn ( $p \leq 0,001$ ) на фоне применения УДЧ Cu+Zn, что связано с интенсификацией обменных процессов (Xin et al., 2013; Sizova et al., 2018).

### ВЫВОДЫ

Введение в рацион комбинированного комплекса УДЧ Cu+Zn и пробиотика позволяет достоверно значимо увеличить содержание Fe ( $p \leq 0,01$ ), Mn ( $p \leq 0,05$ ) и Ni ( $p \leq 0,05$ ) по отношению к интактной груп-

пе. Однако следует отметить, что введение в рацион транзитного пробиотического штамма негативно влияет на уровень содержания большинства исследуемых элементов в организме экспериментальных животных.

**Таблица. Содержание эссенциальных и условно-эссенциальных микроэлементов в организме рыбы на момент завершения эксперимента, мкг/г**

Элемент	Группа			
	K <sub>0</sub>	O <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
Co	0,01±0,01	0,02±0,01	0,02±0,007	0,02±0,009
Cr	0,06±0,01	0,04±0,003**	0,07±0,06	0,04±0,003
Cu	1,17±0,10	0,75±0,005**	1,45±0,07**	0,99±0,20
Fe	15,60±0,20	19,90±0,10**	18,20±0,076***	16,70±0,20**
I	0,16±0,10	0,16±0,10	0,17±0,05	0,12±0,08
Li	0,003±0,002	0,01±0,007	0,02±0,001	0,005±0,003
Mn	0,61±0,20	0,92±0,08	1,95±0,15**	1,46±0,20*
Ni	0,20±0,10	0,39±0,20	0,63±0,05**	0,51±0,10*
Se	0,12±0,10	0,12±0,08	0,12±0,03	0,11±0,04
Si	13,80±0,06	8,90±0,20***	20,70±0,2***	10,6±0,10***
V	0,02±0,01	0,04±0,03	0,06±0,05	0,04±0,03
Zn	17,60±0,20	15,50±0,20**	24,60±0,5***	17,20±0,10**

П р и м е ч а н и е : \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ , \*\*\*  $p \leq 0,001$ , по отношению к контрольным значениям.

### Список литературы / References

1. Sizova E.A., Miroshnikov S.A., Lebedev S.V., Levakhin Y.I., Babicheva I.A., Kosilov V.I. Comparative tests of ultradisperse alloy, salts and organic forms of Cu and Zn as sources of trace elements in the feeding of broiler chickens. *Agricultural Biology*. 2018, 53(2):393–403.
2. Xin W., Xugang S., Xie C., Li J., Hu J., Yin Y.L., Deng Z.Y. The acute and chronic effects of monosodium l-glutamate on serum iron and total iron-binding capacity in the jugular artery and vein of pigs. *Biol. Trace. Elem. Res.* 2013, 153:191–195.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-03

## МЕТАБОЛИЗМ НИКЕЛЯ В ТКАНЯХ ГИДРОБИОНТОВ НА ФОНЕ ПРИСУТСТВИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦ

**А.Е. Аринжанов\*, Е.П. Мирошникова, Ю.В. Килякова**

Оренбургский государственный университет, 460013, г. Оренбург, пр. Победы 13

\*e-mail: arin.azamat@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** Изучена особенность метаболизма никеля в тканях *Daniorerio* и *Limnea stagnalis* в присутствии в водной среде никельсодержащих наночастиц: Ni размером 70 нм при дозировке 1,0 мг/дм<sup>3</sup> и NiO размером 94 нм при дозировке 1,3 мг/дм<sup>3</sup>. Установлена высокая биодоступность никеля в наноформе и как следствие увеличение содержания никеля на 7-е сутки экспозиции в тканях *Daniorerio* в 9,5 раза и 2 раза, в тканях *Limnea stagnalis* в 8,6 раза и в 15 раз на фоне присутствия в водной среде наночастиц NiO и Ni соответственно. При дальнейшем увели-

---

чении экспозиции в тканях *Danio rerio* зафиксировано снижение уровня никеля до контрольных значений, что обусловлено активизацией системы гомеостаза рыб и способностью организма адаптироваться к действию наночастиц и выводить их из организма, в отличие от *Limnea stagnalis*.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: никель, наночастицы, *Danio rerio*, *Limnea stagnalis*.

## NICKEL METABOLISM IN HYDROBIONTS TISSUES AGAINST THE BACKGROUND OF NICKEL-CONTAINING NANOPARTICLES IN AQUATIC ENVIRONMENT

A.E. Arinzhanov\*, E.P. Miroshnikova, Y.V. Kilyakova

Orenburg State University, 460013 Orenburg, Pr. Pobedy 13

\*e-mail: arin.azamat@mail.ru

**ABSTRACT.** The peculiarity of nickel metabolism in *Danio rerio* and *Limnea stagnalis* tissues in presence of nickel-containing nanoparticles in aquatic environment: Ni with size of 70 nm at 1.0 mg/dm<sup>3</sup> dosage and NiO with size of 94 nm at 1.3 mg/dm<sup>3</sup> dosage was studied. High bioavailability of nickel in nanoform was identified and as a consequence there was an increase of nickel content on the 7<sup>th</sup> day of exposure in *Danio rerio* tissues by 9.5 times and 2 times, in *Limnea stagnalis* tissues by 8.6 times and 15 times against the background of NiO and Ni nanoparticles presence in aquatic environment, respectively. A decrease in nickel level to control values was recorded when exposure was further increased in *Danio rerio* tissues, due to the activation of the fish homeostasis system and the body ability to adapt to the nanoparticles action and to remove them from the body, unlike *Limnea stagnalis*.

**KEYWORD:** nickel, nanoparticles, *Danio rerio*, *Limnea stagnalis*.

### ВВЕДЕНИЕ

Стремительный рост коммерческого использования наноматериалов, их уникальные свойства и увеличение риска попадания в окружающую среду ставят задачи их аттестации и апробации на живых организмах.

Цель работы – исследование процессов аккумуляции никеля на фоне присутствия в водной среде никельсодержащих наночастиц

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях использовали наночастицы никеля (НЧ Ni) 99,758% чистоты, размером 70 нм,  $S_{уд} = 4,6–6,0 \text{ м}^2/\text{г}$ , полученные методом электрического взрыва проводника в атмосфере воздуха, и наночастицы оксида никеля (НЧ NiO) 99,6% чистоты, размером 94 нм,  $S_{уд} = 12 \text{ м}^2/\text{г}$ , полученные методом плазмохимического синтеза («Передовые порошковые технологии», Россия). Исследуемые концентрации наночастиц: 1,0 мг/дм<sup>3</sup> (НЧ Ni) и 1,3 мг/дм<sup>3</sup> (НЧ NiO). В качестве тест-объектов использовали рыб *Danio rerio* ( $n=15$ ) и брюхоногих моллюсков *Limnea stagnalis* ( $n=10$ ). Средние значения тестируемых свойств воды во время эксперимента: температура  $22 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , pH  $7,3 \pm 0,07$ , растворенный кислород  $5 \pm 0,2 \text{ мг/л}$ . Режим содержания обеспечивал 12 ч света/12 ч темноты. Условия выращивания и содержания объектов исследования соответствовало правилам OECD (1992). Подготовку препарата наночастиц проводили путем диспергирования в течение 30 мин на ультразвуковом диспергаторе ( $f = 35 \text{ кГц}$ ,  $N = 300 \text{ Вт}$ ,  $A = 10 \text{ мкА}$ ). Наночастицы вводили в форме лиозолей с кормом (личинки комаров семейства *Chironomidae*) для рыб один раз в течение 7 суток. Содержание в тканях рыб и моллюсков химических элементов исследовали в лаборатории АНО «Центра биотической медицины» (Москва, аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.22ПЯ05).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ содержания химических элементов в теле рыб на 7-е сутки экспозиции показал высокую биодоступность никеля в водной среде на фоне присутствия в воде НЧ NiO, что отразилось в резком увеличении содержания никеля в теле *Danio rerio* в 9,5 раза ( $p < 0,001$ ) и в теле *Limnea stagnalis* в 8,6 раза ( $p < 0,001$ ) относительно контроля. На фоне НЧ Ni уровень элемента был выше в 2 раза ( $p < 0,001$ ) в теле *Danio rerio* и в 15 раз ( $p < 0,001$ ) в теле *Limnea stagnalis*. На 14-е сутки концентрация никеля в тканях рыб снизилась

до контрольных значений (1,17 мкг/г), что связано с системой гомеостатического регулирования микроэлементов. В тканях брюхоногих моллюсков на фоне присутствия в воде НЧ NiO уровень никеля был выше контроля в 9 раз, а на фоне НЧ Ni – в 23,5 раза. Дальнейшее увеличение экспозиции наночастиц до 28 суток не привело к значительным изменениям концентрации никеля в тканях рыб, что может быть обусловлено активизацией системы гомеостаза рыб. Кроме того, существуют данные, что рыбы способны адаптироваться к действию микроэлементов и затем выводить их из организма (Zhang et al., 2012). У *Limnea stagnalis* на 28-е сутки уровень никеля в теле был выше в 27,5 раза на фоне присутствия в воде НЧ NiO и в 9,5 раза на фоне НЧ Ni относительно контрольной группы. Хроническое воздействие никельсодержащих наночастиц к 84-м суткам привело к гибели рыб и моллюсков на фоне НЧ NiO, что подтверждает токсичное действие наночастиц, в частности происходит поражение дыхательной системы гидробионтов (Reid, 2011).

## ВЫВОДЫ

Полученные результаты свидетельствуют о высокой биодоступности никеля в наноформе, связанное с быстрым переходом ионов металла в водную среду. Установлено, что *Daniorerio* способны адаптироваться к действию наночастиц никеля за счет активизации работы системы гомеостаза и соответственно выводить их из организма, в отличие от *Limnea stagnalis*.

## Список литературы / References

1. Reid S. Molybdenum and chromium. Fish Physiology. 2011;31:375–415. 10.1016/S1546-5098(11)31008-4.
2. Zhang W., Sun X., Chen L., Lin K-F., Dong Q-X., Huang C-J., Fu R.-B., Zhu J. Toxicological effect of joint cadmium selenium quantum dots and copper ion exposure on zebrafish. Environ. Toxicol. Chem. 2012, 31(9):2117–2123.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-04

## ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ Cu И CuO НА АНТИОКСИДАНТНУЮ СИСТЕМУ *DANIORERIO*

**Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов\*, Ю.В. Килякова**

Оренбургский государственный университет, 460013, г. Оренбург, пр. Победы 13

\*e-mail: arin.azamat@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** Представлены результаты влияния наночастиц (НЧ) Cu (чистота 99,7%,  $d=55$  нм) и CuO (чистота 99,6%,  $d=90$  нм), полученных плазмохимическим синтезом, на выживаемость и состояние антиоксидантной системы *Daniorerio*, при концентрациях 0,001, 0,01 и 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. Установлено, что поступление в организм *Daniorerio* наночастиц сопровождается гибелью рыб с последующим прогрессивным снижением выживаемости при увеличении сроков экспозиции (до 84 суток). Исследуемые наночастицы вызывают снижение антиоксидантной защиты (каталаза, супероксиддисмутаза) организма рыб на фоне оксидативного стресса. Содержание малонового диальдегида увеличивается к концу эксперимента в 8 раз (НЧ Cu – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>), в 42 раза (НЧ Cu – 0,01 мг/дм<sup>3</sup>), в 3,5 раза (НЧ Cu – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>) и в 2 раза (НЧ CuO – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>, 0,01 и 0,1 мг/дм<sup>3</sup>).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** медь, наночастицы, выживаемость, токсичность, *Daniorerio*.

## THE EFFECT OF Cu AND CuO NANOPARTICLES ON DANIO RERIO ANTIOXIDANT SYSTEM

**E.P. Miroshnikova, A.E. Arinzhanov\*, Y.V. Kilyakova**

Orenburg State University, 460013, Orenburg, Pr. Pobedy 13

\*e-mail: arin.azamat@mail.ru

**ABSTRACT.** The article presents the results of the nanoparticles (NP) effect of Cu (purity 99.7%,  $d = 55$  nm) and CuO (purity 99.6%,  $d = 90$  nm) obtained by plasma chemical synthesis on the *Danio rerio* survival and antioxidant system, at concentrations of 0.001 mg/dm<sup>3</sup>, 0.01 and 0.1 mg/dm<sup>3</sup>. It was established that the nanoparticles intake into the *Daniorerio* body is accompanied by the fish death with a subsequent progressive decrease in survival with an increase in exposure time (up to 84 days). The studied nanoparticles cause a decrease in antioxidant defence (catalase, superoxide

---

dismutase) of fish body against the background of oxidative stress. The content of malonic dialdehyde increases by the end of the experiment by 8 times (NP Cu – 0.001 mg/dm<sup>3</sup>), by 42 times (NP Cu – 0.01 mg/dm<sup>3</sup>), by 3.5 times (NP Cu – 0.1 mg/dm<sup>3</sup>) and by 2 times (NP CuO – 0.001 mg/dm<sup>3</sup>, 0.01 and 0.1 mg/dm<sup>3</sup>).

KEYWORDS: copper, nanoparticles, survival, toxicity, *Daniorerio*.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время экспериментальные работы по изучению действия наночастиц металлов на объекты водных биоценозов единичны.

Цель работы – исследование влияние наночастиц меди и оксида меди на выживаемость и состояние антиоксидантной системы *Daniorerio*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали НЧ Cu (чистота 99,7%,  $d=55$  нм,  $S_{уд} = 12$  м<sup>2</sup>/г) и НЧ CuO (чистота 99,6 %,  $d=90$  нм,  $S_{уд} = 14$  м<sup>2</sup>/г), полученные плазмохимическим синтезом, в дозах 0,001 мг/дм<sup>3</sup>, 0,01 и 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. Объектом исследования являлись рыбы *Daniorerio* ( $n=15$ ).

Условия содержания рыб: температура  $22 \pm 2$  °C, pH 7,3  $\pm$  0,07, растворенный кислород  $5 \pm 0,2$  мг/л, 12 ч света/12 ч темноты. Условия выращивания и содержания объектов исследования соответствовало правилам OECD (1992).

Подготовку НЧ проводили путем диспергирования на ультразвуковом диспергаторе в течение 30 мин ( $f = 35$  кГц,  $N = 300$  Вт,  $A = 10$  мкА). Наночастицы вводили в форме лиозолей с кормом (личинки комаров семейства *Chironomidae*) для рыб один раз в 2 суток.

Определение активности ферментов антиоксидантной системы и продуктов перекисного окисления липидов выполняли на 7-, 14- и 84-е сутки.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе эксперимента НЧ Cu оказали влияние на выживаемость рыб. Увеличение концентраций НЧ сопровождалось снижением выживаемости *Daniorerio*: в группах с НЧ Cu на 42-е сутки эксперимента при дозировках 0,01 и 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, а также в группах с НЧ CuO (0,01 и 0,1 мг/дм<sup>3</sup>) на 44-е сутки с последующим прогрессивным снижением численности до конца эксперимента. Анализ активности малонового диальдегида на 7-е сутки экспозиции не показал его критического увеличения в организме рыб, лишь к концу эксперимента (80-е сутки) в опытных группах зафиксировано повышение активности по сравнению с началом эксперимента в 8 раз (НЧ Cu – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>), в 42 раза (НЧ Cu – 0,01 мг/дм<sup>3</sup>), в 3,5 раза (НЧ Cu – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>) и в 2 раза (НЧ CuO – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>, 0,01 и 0,1 мг/дм<sup>3</sup>).

Поступление НЧ в организм рыб на 7-е сутки экспозиции привело к ингибированию активности супероксиддисмутазы и повышению ее в группах с НЧ Cu на 67–107% ( $p<0,05$ ) и НЧ CuO на 66–102% ( $p<0,05$ ), относительно контроля, что говорит о сильном снижении антиоксидантной защиты организма на фоне гиперпродукции свободных радикалов (Ganesan et al., 2016). Снижение функции систем защиты клетки от окислительного стресса подтверждают данные активности каталазы, так на 7-е сутки было зафиксировано снижение активности каталазы на 38% (НЧ Cu – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>), на 15% (НЧ Cu – 0,01 мг/дм<sup>3</sup>), 55% (НЧ Cu – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>), на 82% (НЧ CuO – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>), 54% (НЧ CuO – 0,01 мг/дм<sup>3</sup>) и 84% (НЧ CuO – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>) относительно контроля.

Выявлено усиление активности каталазы в организме рыб к концу эксперимента (80-е сутки) в группах с НЧ CuO в 2 раза относительно контроля, что рассматриваться как адаптационно-приспособительная реакция на развитие.

## ВЫВОДЫ

Наночастицы CuO и Cu вызывают окислительный стресс в организме *Daniorerio* приводя к активизации системы антиоксидантной защиты в ответ на образование свободных радикалов.

---

## Список литературы / References

1. Ganesan S., Anaimalai Thirumurthi N., Raghunath A., Vijayakumar S., Perumal E. Acute and sub-lethal exposure to copper oxide nanoparticles causes oxidative stress and teratogenicity in zebrafish embryos. J. Appl. Toxicol. 2016, 36(4):554–567.doi: 10.1002/jat.3224.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-05

## МИКРОБИОМ КИШЕЧНИКА И ОБМЕН МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ТЕЛЕ РЫБ НА ФОНЕ ПРИСУТСТВИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ НАНОЧАСТИЦ МОЛИБДЕНА

**Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов\*, Ю.В. Килякова**

Оренбургский государственный университет, 460013? г. Оренбург, пр. Победы 13

\*e-mail: arin.azamat@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** Представлены экспериментальные данные о влиянии наночастиц  $\text{MoO}_3$  (концентрация 0,2 мг/дм<sup>3</sup>) 99,8% чистоты и размером 92 нм, полученные плазмохимическим синтезом, на обмен макроэлементов в теле рыб и на таксономию микробиоты *Daniorerio*. Наночастицы вводили один раз в течение 2 суток в форме лиозолей с кормом для рыб. Установлено отрицательное влияние НЧ на депонирование макроэлементов в теле рыб относительно контроля. Выявлено снижение уровня концентрации макроэлементов (Ca, Mg, Na, P) в теле рыб в первые недели экспозиции (до 21 суток) относительно контроля, и повышение содержания макроэлементов до контрольных значений уже на 28-е сутки. Исследование показало влияние наночастиц на смену биоразнообразия желудочно-кишечного тракта *Daniorerio*. Видовое разнообразие микрофлоры кишечника *Daniorerio* на 7-е сутки эксперимента было представлено 393, а на 14-е сутки – 299 морфологически различными бактериальными разновидностями.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** наночастицы, молибден, макроэлементы, микробиом, *Daniorerio*.

## GUT MICROBIOME AND MACROELEMENTS METABOLISM IN FISH BODY AGAINST THE BACKGROUND OF MOLYBDENUM NANOPARTICLES IN AQUATIC ENVIRONMENT

**E.P. Miroshnikova, A.E. Arinzhanov\*, Y.V. Kilyakova**

Orenburg State University, 460013 Orenburg, Pr. Pobedy 13

\*e-mail: arin.azamat@mail.ru

**ABSTRACT.** The article presents the experimental data on the effect of  $\text{MoO}_3$  nanoparticles (concentration 0.2 mg/dm<sup>3</sup>) with 99.8% purity and 92 nm size, obtained by plasma chemical synthesis, on the macroelements exchange in fish body and on the taxonomy of *Daniorerio* microbiota. NP were added with fish feed in the lyosols form once in 2 days. The negative effect of NP on the macroelements depositing in fish body was established relative to control. The decreased level of macroelements (Ca, Mg, Na, P) concentration in fish body relative to control was revealed in the first weeks of exposure (up to 21 days), and the macroelements content was increased to control values on the 28<sup>th</sup> day. This study showed the nanoparticles effect on the change of *Daniorerio* gastrointestinal biodiversity. The species diversity of *Daniorerio* intestinal microflora was presented by 393 morphologically different bacterial varieties on the 7<sup>th</sup> day of the experiment, and 299 – on the 14<sup>th</sup> day.

**KEYWORDS:** nanoparticles, molybdenum, trace elements, microbiome, *Daniorerio*.

## ВВЕДЕНИЕ

На фоне усиления техногенной нагрузки на водные объекты, подробного изучения и обобщения требуют вопросы адаптационной реакции водных экосистем, в частности их биотических компонентов, на действие химических элементов в наноформе. Цель работы – исследование влияния наночастиц молибдена на микробиом кишечника и обмен макроэлементов в теле рыб.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях использовали наночастицы молибдена (НЧ  $\text{MoO}_3$ ) 99,8% чистоты, размером 92 нм,  $S_{уд}$  – 12 м<sup>2</sup>/г, полученные методом плазмохимического синтеза («Передовые порошковые технологии», Россия). Исследуемая концентрация НЧ – 0,2 мг/дм<sup>3</sup>. Объектом исследования являлись рыбы *Daniorerio* ( $n=15$ ). Методом аналогов было сформировано две группы: опытная и контрольная. Условия содержания рыб: температура  $22 \pm 2$  °С, pH  $7,3 \pm 0,07$ , растворенный кислород  $5 \pm 0,2$  мг/л, 12 ч света/12 ч темноты.

Подготовку препарата наночастиц проводили путем диспергирования в течение 30 мин на ультразвуковом диспергаторе ( $f = 35$  кГц,  $N = 300$  Вт,  $A = 10$  мкА). Наночастицы вводили в форме лиозолей с кормом (*Chironomidae*) для рыб один раз в течение 2 суток.

Содержание в тканях рыб химических элементов исследовали в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва, аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.22ПЯ05). Метагеномный анализ содержимого кишечника рыб проводили в Центре коллективного пользования «Персистенции микроорганизмов» Института клеточного и внутриклеточного симбиоза Уральского отделения РАН.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование микробиома кишечника рыб с экспозицией НЧ 7 и 14 суток позволило выявить определенные изменения как численности ранее определенных видов, так и изменение таксономического состава. На 14-е сутки экспозиции самое многочисленное семейство представлено *Moraxellaceae* (26,72% от общего числа), семейство же *Rhodobacteraceae* по сравнению с 7-ми сутками экспозиции становится более малочисленным и составляет 13,2%.

В филуме *Firmicutes* классе *Bacilli* выделены два семейства, которые до этого не были идентифицированы ни в контрольной группе, ни на 7-е сутки, *Staphylococcaceae* и *Bacillaceae*, содержание которых составляло 12,55 и 7,5% соответственно. При этом представители семейства *Staphylococcaceae* являются достаточно частыми обитателями желудочно-кишечного тракта *Daniorerio*, в то время как наличие представителей семейства *Bacillaceae* больше говорит о нарушении в структуре микробиоценозов, связанных с действием НЧ (Cantas, et al., 2012). Видовое разнообразие микрофлоры кишечника *Daniorerio* на 7-е сутки эксперимента было представлено 393, а на 14-е – 299 морфологически различными бактериальными разновидностями. Анализ содержания макроэлементов на 7-е сутки экспозиции показал снижение уровня Са на 63%, Mg на 36%, Na на 5,6%, P на 44% по сравнению с контролем. На 14-е и 21-е сутки экспозиции динамика сохранилась, и разница относительно контроля составила: 72% (Са), 37% (Mg), 2,5% (Na), 51% (P) и 7,6% (Са), 9% (K), 13% (Mg), 4,2% (Na), 5% (P) соответственно, что объяснимо свойством костного матрикса прочно удерживать молибден и вытеснять макроэлементы, особенно Са и P, вследствие физиологического антагонизма. На 28-е сутки экспозиции зафиксировано повышение уровня макроэлементов в теле *Daniorerio* до контрольных значений, вследствие работы системы гомеостаза рыб.

## ВЫВОДЫ

Наночастицы, попадающие в организмы, могут разрушать устоявшиеся микробные сообщества и, соответственно, влиять на здоровье организма, приводя к ослаблению роста, высокой подверженности рыб заболеваниям и повышенной смертности.

## Список литературы / References

1. Cantas L., Sorby J.R.T., Aleström P., Sorum H. Culturable gut microbiota diversity in zebrafish. *Zebrafish*. 2012, 9(1):26–37.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-06

## ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС РЫБ ПРИ ВВЕДЕНИИ В РАЦИОН НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА, ФЕРМЕНТНЫХ И ПРОБИОТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

**Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов\*, Ю.В. Килякова**

Оренбургский государственный университет, 460013, г. Оренбург, пр. Победы 13

\*e-mail: arin.azamat@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** Повышение продуктивности объектов аквакультуры неотъемлемо связано с поиском новых кормовых добавок способных повышать интенсивность роста и улучшать физиологическое состояние рыб. Представлены результаты исследования влияния наночастиц железа (НЧ Fe) размером  $100 \pm 2$  нм и его комбинированного действия с культурой *Bifidobacterium bifidum* и ферментным препаратом Ровабио XL на элементный статус рыб при включении в рацион. Показано, что включение в рацион карпа исследуемых добавок положительно влияет на минеральный обмен в организме рыб, которое выражается повышением содержания эссенциальных микроэлементов Mg, Co, Zn, Cu, Se, Fe, Cr и снижением пула токсических элементов в теле рыб. Наиболее перспективным с по-

зиции повышения живой массы и увеличения ключевых эссенциальных микроэлементов в организме рыб является совместное использование НЧ Fe и пробиотика *Bifidobacterium bifidum*.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: наночастицы, микроэлементы, железо, питание, пробиотики, рыба.

## FISH ELEMENTAL STATUS WHEN INCLUDING IRON NANOPARTICLES, ENZYME AND PROBIOTIC PREPARATIONS INTO THE DIET

*E.P. Miroshnikova, A.E. Arinzhanov\*, Y.V. Kilyakova*

Orenburg State University, 460013, Orenburg, Pr. Pobedy 13

\*e-mail: arin.azamat@mail.ru

**ABSTRACT.** Increasing the productivity of aquaculture objects is integrally related to the search for new feed additives which are capable of increasing growth intensity and improving the physiological state of fish. The article presents the study results of the effect of iron nanoparticles with a size of  $100 \pm 2$  nm, and its combined effect with *Bifidobacterium bifidum* culture and the Rovabio XL enzyme preparation on the fish elemental status with the diet inclusion. The test additives supplementation in the carp diet positively affects the mineral metabolism in fish body, which is noted by an increase in the content of essential trace elements Mg, Co, Zn, Cu, Se, Fe, Cr and a decrease in the pool of toxic elements in fish body. The most promising from the point of view of increasing live mass and key essential trace elements in fish body is sharing Fe NP and *Bifidobacterium bifidum* probiotic.

**KEYWORD:** nanoparticles, trace elements, iron, nutrition, probiotics, fish.

### ВВЕДЕНИЕ

Для повышения скорости роста и развития рыб в рыбоводстве применяют различные биологически активные добавки: пробиотические и ферментные препараты, микроэлементы и витамины. Цель работы – установить в сравнительном аспекте влияние наночастиц железа совместно с ферментными и пробиотическими препаратами на элементный статус рыб.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на сеголетках карпа массой 10–15 г. По принципу аналогов были сформированы четыре группы ( $n=15$ ):

контрольная – основной рацион (ОР);

I опытная – ОР с добавлением НЧ Fe (30 мг/кг корма);

II – ОР с ферментным препаратом Ровабио XL (6,75 г/кг корма) + НЧ Fe (30 мг/кг корма);

III – ОР с пробиотиком *Bifidobacterium bifidum* ( $1 \times 10^7$  КОЕ/г, 14 доз) + НЧ Fe (30 мг/кг корма).

В исследованиях использовали НЧ Fe размером  $100 \pm 2$  нм, синтезированные методом высокотемпературной конденсации на установке Миген-3. Длительность основного учетного периода – 56 суток. Микроэлементный анализ проводили в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва) методом атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии на оборудовании Elan 9000 (Perkin Elmer, США) и Optima 2000 V (Perkin Elmer, США).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что при включении в рацион рыб только НЧ Fe повышается пул эссенциальных элементов по сравнению с контролем: Mg на 72,2% ( $p < 0,001$ ), Zn на 34% ( $p < 0,001$ ), Cu на 18,8% ( $p < 0,05$ ), Se на 17,5% ( $p < 0,001$ ), Cr и Co на 6% ( $p < 0,05$ ) и Fe на 2,2%. Включение в рацион НЧ Fe и биодобавок свидетельствует о выраженном достоверно значимом увеличении пула эссенциальных элементов на фоне сочетанного действия НЧ и *Bifidobacterium bifidum*: Mg на 270% ( $p < 0,001$ ), Co на 174% ( $p < 0,001$ ), Zn на 125% ( $p < 0,001$ ), Cu на 84% ( $p < 0,001$ ), Se на 82% ( $p < 0,001$ ), Fe на 58% ( $p < 0,001$ ) и Cr на 36,8 % ( $p < 0,001$ ), что свидетельствует об интенсификации обменных процессов в организме рыб и подтверждается лучшей динамикой роста рыб относительно контроля на 20% ( $p < 0,001$ ) к концу эксперимента. Выявлена способность используемых добавок снижать уровень токсических элементов, в частности на фоне применения НЧ Fe: Pb на 47% ( $p < 0,001$ ), Sn на 36% ( $p < 0,001$ ), Hg на 15% ( $p < 0,01$ ) и Al на 14% ( $p < 0,01$ ); на фоне ферментного препарата и НЧ Fe: Hg на 78% ( $p < 0,001$ ), Sn на 78% ( $p < 0,001$ ), Cd на 45% ( $p < 0,001$ ), Al на 43% ( $p < 0,001$ ) и Sr на 9% ( $p < 0,05$ ); на фоне пробиотика и НЧ Fe: Sn на 83% ( $p < 0,001$ ), Cd на 45% ( $p < 0,001$ ), Sr на 28% ( $p < 0,001$ ) и Al на 19% ( $p < 0,01$ ) относительно контроля.



---

## ВЫВОДЫ

Сравнение кормовых добавок ферментного препарата Ровабио XL, культуры *Bifidobacterium bifidum* и НЧ Fe показывает, что сочетанное включение последних в рацион повышает интенсивность рыб, благоприятно действует на элементный статус и способствует снижению концентрации токсических элементов в организме рыб, что объясняется синергизмом действия данных препаратов, высокой биодоступностью железа в наноформе на фоне благотворного воздействия пробиотика на микробиоценоз (Сизова и др., 2011; Xin, et al., 2013).

## Список литературы / References

1. Сизова Е.А., Русакова Е.А., Сизов Ю.А. Некоторые биохимические и морфологические показатели крови при введении в организм наночастиц меди. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011; 4(32-1): 308–309.
2. Xin W., Xugang S., Xie C., Li J., Hu J., Yin Y.L., Deng Z.Y. The acute and chronic effects of monosodiuml-glutamate on serum iron and total iron-binding capacity in the jugular artery and vein of pigs. Biol. Trace. Elem. Res. 2013; 153:191–195.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-07

## ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЯВЛЕНИЙ ДИФФУЗНОГО НЕТОКСИЧЕСКОГО ЗОБА КАК МАРКЕРА БИОЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА ЧЕЛОВЕКА

*Е.С. Барышева*

Оренбургский государственный университет, 460013, г. Оренбург, пр. Победы, 13  
e-mail: baryshevae@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** Известно, что йод играет ключевую роль в структурно-функциональном состоянии щитовидной железы. Однако в формировании относительного йодного дефицита принимают участие такие стромогенные факторы, как токсичные химические элементы. При этом нарушаются патогенетические механизмы регуляции щитовидной железы на уровне гипоталамо-гипофизарной нейроэндокринной системы. Целью работы было изучение роли микроэлементов в формировании структуры и функции щитовидной железы, а также органов регуляции. Изучен элементный статус у 611 работников промышленных предприятий. Исследование концентрации химических элементов в образцах выполнено в АНО «Центр биотической медицины» (Москва). Для верификации диффузного нетоксического зоба проведено исследование уровня гормонов Т<sub>3</sub> (общий), Т<sub>4</sub> (свободный), ТТГ в сыворотке крови (ИФА, тест-наборы). Установлена закономерность между уровнем накопления эссенциальных и токсичных микроэлементов в волосах и изменением структуры и функции щитовидной железы у работников вредных производств.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** химические элементы, щитовидная железа, вредные факторы производства.

## CHARACTERISTICS OF THE MANIFESTATIONS OF DIFFUSE NON-TOXIC GOITER AS A MARKER OF HUMAN BIOELEMENT STATUS

*E.S. Barysheva*

Orenburg State University, 460013, Orenburg, Pr. Pobedy, 13  
e-mail: baryshevae@mail.ru

**ABSTRACT.** It is known that iodine plays a key role in the structural and functional state of the thyroid gland. However, such strumogenic factors as toxic chemical elements are involved in the formation of a relative iodine deficiency. In this case, the pathogenetic mechanisms of thyroid regulation at the level of the hypothalamic-pituitary neuroendocrine system are disrupted. The aim of our study was to study the role of trace elements in the formation of the structure and function of the thyroid gland, as well as the regulatory organs. A study of the elemental status of 611 employees of industrial enterprises working under the influence of harmful factors of production was conducted. The study of the concentration of chemical elements in the samples was carried out in the ANO "Center for Biotic Medicine", Moscow. To verify the diffuse non-toxic goiter, the level of hormones T<sub>3</sub> (total), T<sub>4</sub> (free), TSH in the blood serum and ELISA test kits were studied. A pattern was established between the level of accumulation of essential and toxic trace elements in the hair and changes in the structure and function of the thyroid gland in workers with harmful working conditions.

**KEYWORDS:** chemical elements, thyroid gland, harmful factors of production.

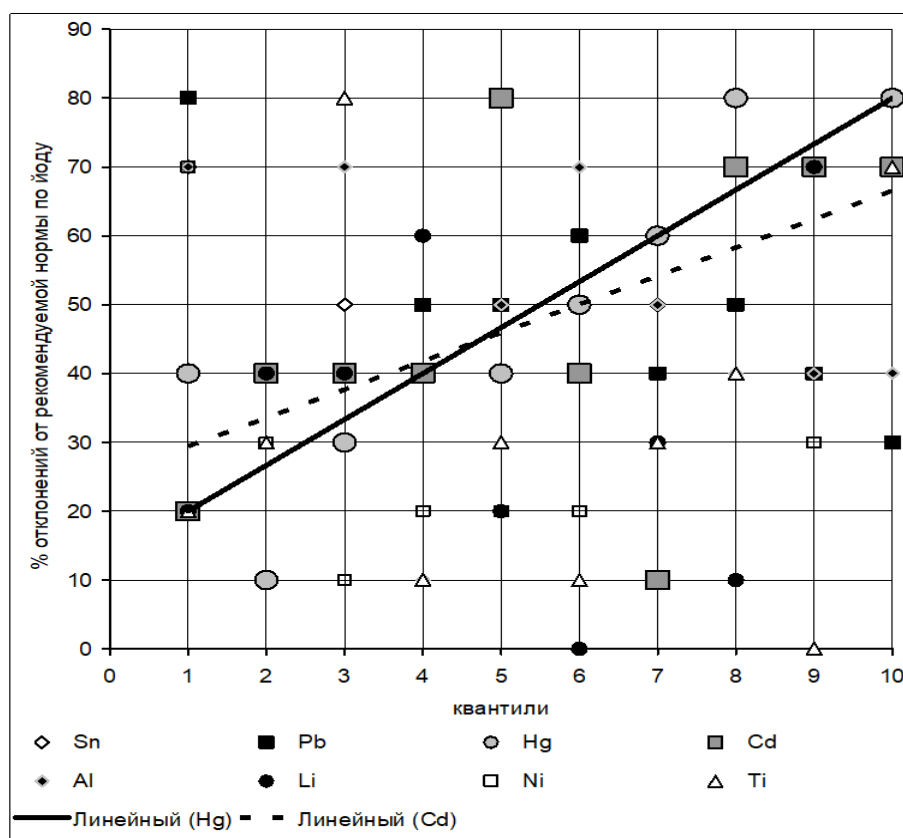
## ВВЕДЕНИЕ

Йод играет ключевую роль в структурно-функциональном состоянии щитовидной железы. Известно, что токсичные химические элементы оказывают влияние на формирование относительного йодного дефицита. При этом нарушаются патогенетические механизмы регуляции щитовидной железы на уровне гипоталамо-гипофизарной нейроэндокринной системы.

Цель работы – изучение роли микроэлементов в формировании структуры и функции щитовидной железы, а также органов регуляции.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований была установлена линейная зависимость частоты отклонений концентрации йода от рекомендуемой нормы с концентрацией токсичных металлов в волосах работников вредных производств (Bertram, 1992; с доп. А.В. Скального, 2003) (рисунок).



*Рисунок. Связь частоты отклонений концентрации йода от рекомендуемой нормы с концентрацией токсичных металлов в волосах работников вредных производств*

Несмотря на то, что среднее содержание йода в волосах у всех обследованных находилось в пределах референтных значений, была осуществлена выборка индивидуальных показателей, которые оказались выше или ниже нормативных значений (Iyengar, 1988), с последующим проведением УЗИ-диагностики щитовидной железы у данной категории обследуемых (таблица).

## ВЫВОДЫ

Установлен способ прогнозирования диффузного нетоксического зоба у людей, занятых на вредных производствах, на основании следующих закономерностей: снижение концентрации йода в волосах сопровождается диффузными нарушениями структуры щитовидной железы, а повышенный уровень – приводит к диффузно-узловой гиперплазии.

**Таблица. Средние концентрации йода в волосах и показатели структурных нарушений щитовидной железы у обследуемых**

Параметр	Пониженный уровень йода в волосах (n=28)	Контроль (n=46)	Повышенный уровень йода в волосах (n=26)
Содержание йода в волосах, мкг/г	$\leq 0,27$	0,27–4,20	$\geq 4,20$
Средняя концентрация йода в волосах, мкг/г	$0,22 \pm 0,1$	$1,17 \pm 0,1$	$18,83 \pm 3,4$
Средний объем щитовидной железы, см <sup>3</sup>	$14,12 \pm 3,8$	$13,05 \pm 1,25$	$16,06 \pm 2,34$
УЗИ щитовидной железы	Умеренные диффузные	Норма	Диффузно-узловая гиперплазия

### Список литературы / References

1. Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС. Микроэлементы в медицине. 2003; 4(1): 55–56.
2. Iyengar V., Woittiez J. Trace elements in human clinical specimens: evaluation of literature data to identity references values. Clin. Chem. 1998; 34(1): 474–481.
3. Bertram H.P. Spurenelemente: Analytik, okotoxikologische und medizinisch – klinische Bedeutung. Munchen; Wien; Baltimore : Urban und Schwarzenberg, 1992. 207 p.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-08

## ЗНАЧЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПИТАНИИ СТУДЕНТОВ

**А.В. Берестова\*, О.В. Баранова, В.П. Попов, О.В. Кван**

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13

\*e-mail: alladin1977@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** Развитие и функционирование молодого здорового организма невозможно без микроэлементов. Недостаток или избыток их в рационе питания может привести к возникновению различных заболеваний, снижению работы центральной нервной системы, что может отразиться на умственной и физической деятельности студента. При исследовании студенческих рационов важно не только выявить поступление каких микроэлементов не соответствует нормам, но и должным образом скорректировать питание в отношении качественного и количественного состава атомовитов. В связи с этим более рациональным и правильным решением данной проблемы являются меры, направленные не только на лечение, но и на профилактику заболеваний. Для осуществления этих мер необходимо регулярно проводить беседы о пользе правильного питания, соблюдения режима питания, чтобы каждый молодой человек осознавал, что его здоровье во многом зависит от него самого.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** микроэлементы, атомовиты, метаболизм.

## THE IMPORTANCE OF TRACE ELEMENTS IN THE NUTRITION OF STUDENTS

**A.V. Berestova\*, O.V. Baranova, V.P. Popov, O.V. Kvan**

Orenburg State University, Orenburg, Pobedy ave, 13

\*e-mail: alladin1977@mail.ru

**ABSTRACT.** The development and functioning of a young healthy body is impossible without trace elements. If there is a lack or excess of them in the diet, this can lead to various diseases, a decrease in the work of the central nervous system, which will undoubtedly affect the mental and physical activity of the student. When studying student diets, it is important to identify not only the intake of which trace elements does not meet the standards, but also to properly adjust the nutrition in relation to the qualitative and quantitative composition of atomovites. In this regard, a more rational and correct solution to this problem is measures aimed not only at the treatment, but also at the prevention of diseases. To implement these measures, it is necessary to regularly conduct conversations about the benefits of proper nutrition, compliance with the diet, so that every young person understands that his health largely depends on himself.

**KEYWORDS:** trace elements, atomovites, metabolism.

---

## ВВЕДЕНИЕ

Микроэлементы – важный компонент сбалансированного рациона питания населения, поскольку течение многих биохимических процессов метаболизма невозможно без них. Особенно этот компонент актуален для студенчества, так как многие молодые люди начинают самостоятельную жизнь вдали от родителей, и процесс организации правильного питания обычно оставляет желать лучшего.

Очень многие обучающиеся страдают железодефицитной анемией, которая связана с недостаточным содержанием в рационе железа. При возникновении заболевания у человека наблюдается слабость, упадок сил, головокружение, снижение концентрации внимания – все это в конечном итоге приводит к снижению успеваемости, потере интереса к учебе.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для Оренбургской области проблема йододефицита является очень актуальной. Йод входит в состав тиреотропного гормона и тиреоидных гормонов щитовидной железы. Особенно важна нормальная функция щитовидной железы для людей с умственными нагрузками, коими являются студенты. При дефиците йода наблюдается повышенная утомляемость, вялость, ухудшение памяти и внимания, понижение интеллекта. Выборочное анкетирование студентов Оренбургского государственного университета, где молодые люди указывали свой пятидневный рацион, показало, что в питании студентов наблюдается недостаток йода, магния, цинка, а содержание натрия увеличено в 1,7 раза. Полученные результаты объясняются тем, что в основном рацион студентов качественно и количественно не сбалансирован, режим питания не выдержан, присутствует большой процент продуктов из фастфуда, которые содержат в своем составе много поваренной соли. Кроме того, молодые люди крайне редко включают в свой рацион такие продукты, как овощи, фрукты, рыбу, морепродукты из-за их высокой стоимости.

## ВЫВОДЫ

Последствия не сбалансированного питания могут проявиться в виде различных заболеваний, не только в настоящий период, но и через несколько лет. В связи с этим более рациональным и правильным решением данной проблемы являются меры, направленные не только на лечение, но и на профилактику заболеваний (Берестова, Пустарнакова, 2013; Baranova et al., 2014). Для осуществления этих мер необходимо регулярно проводить беседы о пользе правильного питания, соблюдения режима питания, чтобы каждый молодой человек осознавал, что его здоровье во многом зависит от него самого.

## Список литературы / References

1. Берестова А.В., Пустарнакова И.А. Научные основы производства функциональных продуктов питания, обогащенных йодированным белком «биойод». Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 30 янв. – 1 февр. 2013 г., Оренбург. Оренбург: Университет. 2013: 926–929.
2. Baranova O. et al. Elemental analyses of hair of orenburg region's students [Электронный ресурс]. Life Science Journal. 2014; 11 (10): 556–558.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-09

## ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА У ДЕТЕЙ С ОЖИРЕНИЕМ

**Н.В. Болотова\*, Н.Ю. Филина, Е.А. Петрухина, Н.А. Николаева, А.А. Акопян**

Саратовский государственный медицинский университет им В.И. Разумовского Минздрава России,  
Россия, г. Саратов, ул. Б.Казачья, 112, 410012  
\*e-mail: kafedranv@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** В современном мире проблема ожирения имеет повсеместную распространенность, в том числе и среди детского населения. В исследовании была проведена оценка рационов питания, по результатам которой выявлено нерациональное потребление продуктов. Дети употребляли пищу с избыточным содержанием жиров и недостаточным количеством белка, овощей и фруктов, что приводило к ожирению. В связи с этим изучен микроэлементный состав организма детей для перспектив последующей коррекции.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** микроэлементы, питание, продукты, рацион, дети, дисбаланс, ожирение.

---

## SPECIFICITIES OF TRACE ELEMENTS IN CHILDREN WITH OBESITY

*N.V. Bolotova\*, N.Yu. Filina, E.A. Petrukhina, N.A. Nikolaeva, A.A. Akopyan*

Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, city of Saratov, st. Bolshaya Sadovaya 112, 410012

\*e-mail: kafedranv@mail.ru

**ABSTRACT.** Obesity is spreading rapidly in the modern world, especially among children. We were analyzed different compositions of diets and as a results we searched irrational food in the diets. These food include excess of fats, low in proteins and not enough vegetables and fruits that leads to obesity in childhood. Nutrient analysis is relevant because it creates possibilities of correction for health in the future.

**KEYWORDS:** trace elements, nutrition, food, diet, children, imbalance, obesity.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема ожирения является актуальной, поскольку данная патология приобрела характер эпидемии (World Health Organization..., 2018). При изучении питания детей, страдающих ожирением, был выявлен крайне несбалансированный рацион (с избыточным содержанием жиров, дефицитом белков и очень низким потреблением овощей и фруктов) (Болотова и др., 2016). Микронутриенты поступают в организм главным образом с продуктами питания. Учитывая нерациональное питание детей с ожирением, считаем актуальным изучение содержания микроэлементов в их организме (World Health Organization..., 2004; Итоговый доклад..., 2018), поскольку микроэлементы участвуют в формировании метаболического статуса.

Цель работы – изучить особенности микроэлементного состава организма у детей с ожирением.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 20 детей с экзогенно-конституциональным ожирением в возрасте 9–17 лет; из них 6 мальчиков и 14 девочек. У детей изучали жировой и углеводный обмены, вычисляли индекс массы тела и коэффициенты стандартного отклонения. Микроэлементный статус определяли методом масс-спектрометрии волос в АНО «Центр биотической медицины» (Москва).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Среди обследуемых в основном встречались сочетанные микроэлементозы (100% случаев). У одного пациента отмечалась комбинация микроэлементов (снижение калия, натрия, марганца, йода, кобальта) и дефицита витамина D.

У детей младшего школьного возраста (8 человек в возрасте 9–11 лет) в основном наблюдался дефицит натрия, калия и марганца. У детей старшего школьного возраста выявлено усугубление дисбаланса микроэлементов: йода, кальция, кобальта, меди, цинка и других микронутриентов (причем повышенное содержание кальция, магния, марганца и меди – у 8 пациентов, цинка – у 4), что связано с избыточным выведением их из организма. Наиболее выраженные изменения встречались по следующим микроэлементам: дефицит марганца выявлен в 70% случаев, калия и натрия – у 40% пациентов, йода, кремния, кобальта, молибдена – в 20% случаев, тенденция к снижению уровня магния, селена, фосфора и хрома обнаружена у 10% детей.

Нижняя граница нормы ряда микроэлементов, таких как йод, кобальт (60% случаев), калий (30%), магний, натрий (20%) и железо, кремний, натрий (10%), отмечалась среди меньшего числа пациентов.

### ВЫВОДЫ

Несмотря на превышение калорийности пищевого рациона (при дефиците овощей и фруктов) отмечался выраженный дисбаланс микроэлементов, что указывает на необходимость их коррекции не только путем нормализации диеты, но и восполнения эссенциальных микроэлементов.

### Список литературы

1. Болотова Н.В., Матвеева Н.Н., Абдуразакова А.О. Клиническая картина пациентов с микроэлементозами за 2014–2015 гг. в г.Саратов. Bulletin of Medical Internet Conferences. 2016; 6(5): 808.

2. Итоговый доклад о результатах и основных направлениях деятельности Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в 2017 году. М. 2018; с. 3, 14.
3. World Health Organization; Noncommunicable Diseases (NCD); Country Profiles, 2018; 9–23.
4. World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations. Vitamin and mineral requirements in human nutrition. Second edition; 2004; WHO Library Cataloguing-in-Publication Data; Chapter 1.2.6, p.4.

## References

1. Bolotova N.V., Matveeva N.N., Abdurazakova A.O. Klinicheskaya kartina pacientov s mikroelementozami 2014-2015 gg. V g. Saratov. Bulletin of Medical Internet Conferences 2016; 6(5): 808.
2. Itogovyy doklad o rezul'tatah i osnovnykh napravleniyah deyatel'nosti Federal'noj sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitel' i blagopoluchiya cheloveka v 2017 godu. Moscow. 2018; p. 3, 14.
3. World Health Organization; Noncommunicable Diseases (NCD); Country Profiles, 2018; 9–23.
4. World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations. Vitamin and mineral requirements in human nutrition. Second edition; 2004; WHO Library Cataloguing-in-Publication Data; Chapter 1.2.6, p.4.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-10

## ВОЗРАСТ-ОБУСЛОВЛЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО ПРОФИЛЯ ЛИМФОУЗЛОВ С УЧЕТОМ ИХ ЛОКАЛИЗАЦИИ

**В.Н. Горчаков<sup>1\*</sup>, Ю.П. Колмогоров<sup>2</sup>, О.В. Горчакова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной лимфологии – филиал ИЦиГ СО РАН, 630060, Новосибирск, ул. Тимакова, 2

\*e-mail: vgorchak@yandex.ru

**РЕЗЮМЕ.** Исследовано содержание микроэлементов в регионарных лимфоузлах с учетом локализации и возраста при помощи рентгенфлюоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения. Микроэлементный профиль лимфоузлов носит регион-зависимый характер, отражая своеобразие лимфатического региона. Различия в содержании микроэлементов определяют микроэлементный профиль каждого из регионарных лимфоузлов. Брыжеечный лимфоузел имеет максимальное содержание Cu, Se, среднее – Fe, Zn, минимальное – Mn. Трахеобронхиальный лимфоузел характеризуется наименьшим содержанием Fe, Cu, Zn, средним – Mn, Se. Паховый лимфоузел отличается максимальным содержанием Mn, Fe, Zn, среднее – Cu, минимальное – Se. При старении меняется микроэлементный профиль лимфоузлов, демонстрируя уменьшение содержания большинства микроэлементов при увеличении Mn. Формируется качественно новый микроэлементный профиль каждого из лимфоузлов при старении, отражая снижение дренажной и иммунной функции лимфоузлов. С возрастом в паховом лимфоузле имеют место относительно высокие показатели содержания Mn, Fe, Zn и наименьшее – для Cu и Se. Брыжеечный лимфоузел отличается высоким значением концентрации Se, среднее – Cu, Zn и низкое Mn, Fe. Трахеобронхиальный лимфоузел характеризуется низким значением содержания Zn, средним – Mn, Fe, Se и высоким – Cu. Полученные результаты доказывают регионарную специфику микроэлементного содержания лимфоузлов в зависимости от региона и возраста.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** микроэлементы, лимфоузлы, онтогенез, геронтология.

## AGE-CAUSED CHANGE OF THE MICROELEMENT PROFILE OF LYMPH NODES OF DIFFERENT LOCALIZATION

**V.N. Gorchakov<sup>1\*</sup>, Yu.P. Kolmogorov<sup>2</sup>, O.V. Gorchakova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Novosibirsk State University, 630090, Novosibirsk, Pirogov str., 2

<sup>2</sup> Research Institute of clinical and experimental Lymphology – branch of Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of The Russian Academy of Science, 630060, Novosibirsk, Timakov str., 2

\*e-mail: vgorchak@yandex.ru

**ABSTRACT.** The purpose is a research of content of microelements in regional lymph nodes in view of localization and age. Microelements defined with the help X-ray fluorescent analysis with use of synchrotron radiation. The microelement profile of lymph nodes has the region-dependent character, reflecting an originality of the lymphatic region. Distinctions of microelements content are recorded for each of regional lymph nodes. The mesenteric lymph node has the maximum maintenance of Cu, Se, an average – Fe, Zn, minimum – Mn. The tracheobronchial lymph node is characterized by the smallest maintenance of Fe, Cu, Zn, an average – Mn, Se. The inguinal lymph node distinguishes the maximum content of Mn, Fe, Zn, an average – Cu, minimum – Se. When aging the microelement profile of lymph nodes changes, showing

---

reduction of content of the majority of microelements at increase in Mn. Qualitatively new microelement profile is formed in each of lymph nodes when aging. It reflects decrease in drainage and immune function of lymph nodes at the scarce level of bioelements. With age in the inguinal lymph node rather high rates of content of Mn, Fe, Zn and the smallest take place for Cu and Se. The mesenteric lymph node distinguishes high value of concentration Se, an average – Cu, Zn and low – Mn, Fe. The tracheobronchial lymph node is characterized by low value of contents Zn, an average – Mn, Fe, Se and high – Cu. The received results prove regional specifics of microelement balance of lymph nodes depending on the region and age.

KEYWORDS: trace elements, lymph nodes, ontogenesis, gerontology.

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из важных регуляторов гомеостаза многих систем организма является полноценный состав микроэлементов, участвующих в механизмах иммунного ответа и функционирования лимфоидной системы (Скальный и др., 2004; Бородин и др., 2018; Василенко и др., 2019). С возрастом меняются не только лимфоузлы, но и биоэлементный обмен, что лимитирует характер адаптивных и патологических перестроек в органах. Лимфоузлы выполняют иммунную и дренажную функции, обеспечивая регионарный гомеостаз и защиту в разные периоды жизни (Кудрин и др., 2000; Бородин и др., 2018). Выполнение функции лимфоузлов не может обойтись без микроэлементов, которые аккумулируются в лимфоузлах. Микроэлементы, изменяя активность ферментов, влияют на пролиферацию и дифференцировку клеток лимфоидной ткани, что формирует оптимальный иммунный ответ в лимфатическом регионе (Nomura et al., 2002; Intorre et al., 2008; Василенко и др., 2019). Структурно и функционально лимфоузлы привязаны к территории, которую дренируют, что находится в соответствии с положениями концепции лимфатического региона (Suami, 2017; Бородин и др., 2018). Это делает актуальным необходимость изучения микроэлементного статуса лимфоузлов в зависимости от локализации и с учетом возрастного периода. В литературе недостаточно информации о возрастной динамике микроэлементного статуса лимфоузлов, принадлежащих к разным лимфатическим регионам. Такое исследование имеет теоретический и практический интерес.

Цель исследования – изучить содержание микроэлементов в регионарных лимфоузлах с учетом их локализации и возраста в эксперименте.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В эксперименте участвовали 120 белых крыс Wistar в возрасте 3–5 месяцев (период максимального развития лимфоидной ткани) и 1,5–2 года (период инволюция лимфоидной ткани). Условно выделены группы молодых и старых животных соответственно. Объектом исследования были брыжеечные, паховые и трахеобронхиальные лимфоузлы, принадлежащие к разным лимфатическим регионам. Содержание микроэлементов (Se, Mn, Fe, Cu, Zn) в лимфоузлах определяли с помощью рентгенфлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ). В работе использовали оборудование ЦКП «СЦСТИ» на базе УНУ «Новосибирский ЛСЭ» / «Комплекс ВЭПП-4 – ВЭПП-2000» в Институте ядерной физики СО РАН (Piminov, 2016). Обработку данных выполняли с помощью лицензированной статистической программы StatPlus Pro, AnalystSoff Inc.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для поддержания структурной организации лимфоузлов в молодом возрасте необходимы микроэлементы для дифференцировки и пролиферации иммунокомпетентных клеток, участвующих в формировании функционально-значимых компартментов лимфоузлов (Gorchakova et al., 2019). Микроэлементный профиль лимфоузлов носит регион-зависимый характер, отражая своеобразие лимфатического региона.

Для молодых животных считается оптимальным содержание микроэлементов в лимфоузлах для обеспечения их функции, когда лимфоидная ткань достигает максимального развития (Бородин и др., 2018). У молодых животных в паховом лимфоузле содержание Mn составляет  $4,12 \pm 0,32$  мкг/г ( $p < 0,001$ ), что превышает в 1,6–1,9 раза показатели в трахеобронхиальном ( $2,54 \pm 0,15$  мкг/г) и брыжеечном ( $2,15 \pm 0,13$  мкг/г) лимфоузлах. Содержание Fe в паховом лимфоузле составляет  $672,55 \pm 54,22$  мкг/г ( $p < 0,001$ ), что превышает в 2,6–3,0 раза показатели в брыжеечном ( $254,82 \pm 20,66$  мкг/г) и трахеобронхи-

альном ( $221,38 \pm 12,12$  мкг/г) лимфоузлах, Содержание Cu в паховом лимфоузле составляет  $6,45 \pm 0,35$  мкг/г, что превышает в 1,2 раза показатель в трахеобронхиальном ( $5,27 \pm 0,17$  мкг/г;  $p < 0,01$ ) и не дает статистического различия с показателем в брыжеечном ( $6,48 \pm 0,47$  мкг/г;  $p > 0,05$ ) лимфоузлах. Содержание Zn в паховом лимфоузле составляет  $75,6 \pm 2,81$  мкг/г, что превышает в 1,3 раза показатель в трахеобронхиальном ( $58,26 \pm 2,30$  мкг/г;  $p < 0,001$ ) и не дает статистического различия с показателем в брыжеечном ( $68,71 \pm 2,52$  мкг/г;  $p > 0,05$ ) лимфоузлах. При этом существует статистически значимая разница по содержанию Zn между трахеобронхиальным и брыжеечным лимфоузлами ( $p < 0,01$ ). Содержание Se наименьшее в паховом лимфоузле и составляет  $0,96 \pm 0,05$  мкг/г, что меньше в 1,3–1,4 раза его содержания в трахеобронхиальном ( $1,25 \pm 0,06$  мкг/г;  $p < 0,01$ ) и брыжеечном ( $1,38 \pm 0,05$  мкг/г;  $p < 0,001$ ) лимфоузлах соответственно.

Выявленные различия в содержании микроэлементов определяют микроэлементный профиль каждого из регионарных лимфоузлов. Так, в брыжеечном лимфоузле имеет место максимальное содержание Cu, Se, среднее – Fe, Zn, минимальное – Mn. Трахеобронхиальный лимфоузел характеризуется наименьшим содержанием Fe, Cu, Zn, средним – Mn, Se. Паховый лимфоузел отличается максимальным содержанием Mn, Fe, Zn, среднее – Cu, минимальное – Se. Очевидно, что различие в содержании микроэлементов связано с особенностями дренируемого лимфатического региона и разным вкладом биоэлементов в его функционирование на уровне лимфоузлов.

Общей закономерностью старения является инволюция лимфоидной ткани с нарушением гомеостаза биоэлементов (Кудрин и др., 2000; Скальный, Рудаков, 2004; Gorchakova et al., 2019]. В лимфоузлах разных топографических групп отмечено уменьшение содержания большинства микроэлементов (Zn, Se, Cu, Fe) в 1,2–1,5 раза ( $p < 0,05$ – $0,01$ ) при увеличении содержания Mn (в 1,3 раза,  $p < 0,05$ ) у старых животных в сравнении с молодыми. Это формирует качественно новый микроэлементный профиль при дефицитном содержании большинства микроэлементов в старческом возрасте. Закономерности распределения содержания микроэлементов в различных лимфоузлах старых животных показали, что в паховом лимфоузле наиболее высокие показатели содержания Mn, Fe, Zn и наименьшее – Cu и Se; в брыжеечном лимфоузле имеет место высокое значение концентрации Se, среднее – Cu, Zn и низкое Mn, Fe; в трахеобронхиальном лимфоузле – низкое значение содержания Zn, среднее – Mn, Fe, Se и высокое значение – Cu. Уровень содержания меди находится в интервале  $4,68 \pm 0,27$  –  $5,37 \pm 0,14$  мкг/г ( $p > 0,05$ ) в лимфоузлах разных топографических групп. Предполагаем, что сформированный микроэлементный профиль отражает снижение пролиферации лимфоидных клеток и, следовательно, функции лимфоузлов при старении. При этом Mn рассматривается как фактор защиты от перекисных окислений и дегидратации и повышает иммунную функцию (Кудрин и др., 2000; Maggini et al., 2007), что важно для лимфоузлов, подвергнутых процессу старения.

## ВЫВОДЫ

Оптимальное содержание микроэлементов у молодых животных перераспределяется между лимфоузлами с формированием индивидуального микроэлементного профиля, что отражает структурно-функциональные особенности соматического, бронхолегочного, кишечного лимфатических регионов. При старении формируется качественно новый профиль микроэлементов из-за развития их общего дефицита. Содержание микроэлементов в региональных лимфоузлах старых животных перераспределяется иначе, чем у молодых животных. Это компенсирует снижение функции лимфоузлов, подвергнутых старению. Полученные результаты подтверждают реализацию принципа региональной детерминанты в отношении микроэлементного баланса лимфоузлов в разные периоды жизни.

## Список литературы

1. Бородин Ю.И., Горчакова О.В., Суховершин А.В., Горчаков В.Н. и др. Концепция лимфатического региона в пролиферативной лимфологии. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2018. 74 с.
2. Василенко А.М., Шаритова М.М. Дефицит микроэлементов и проблема коморбидности. Микроэлементы в медицине. 2019; 20(1): 4–12. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-1-4-12].
3. Кудрин А.В., Скальный А.В., Жаворонков А.А., Скальная М.Г. Иммунофармакология микроэлементов. Москва: КМК. 2000. 537 с.



4. Скальный А.В., Рудаков Н.А. Биозлементы в медицине. М.: Издательство: Оникс 21 век, Мир. 2004. 272 с.
5. Gorchakova O., Kolosova N., Gorchakov V., Starkova E., Demchenko G. Premature aging and structural organization of the mesenteric lymph node. Archiv Euromedica. 2019; 9(3): 22–24. <https://doi.org/10.35630/2199-885X/2019/9/3.7>
6. Intorre F., Polito A., Andriollo-Sanchez M. Effect of zinc supplementation on vitamin status of middle-aged and older European adults: the ZENITH study. Eur. J. Clin. Nutr. 2008; 62: 1215–1223.
7. Maggini S., Wintergerst E.S., Beveridge S., Hornig D.H. Selected vitamins and trace elements support immune function by strengthening epithelial barriers and cellular and humoral immune responses. Br. J. Nutr. 2007; 98(Suppl 1): 29–35. DOI: 10.1017/S0007114507832971.
8. Nomura A., Sugiura Y. Contribution of individual zinc ligands to metal binding and peptide folding of zinc finger peptides. Inorg. Chem. 2002; 41: 3693–3698.
9. Piminov P.A. Synchrotron Radiation Research and Application at VEPP-4. Physics Procedia. 2016; 84: 19–26. DOI:10.1016/j.phpro.2016.11.005.
10. Suami H. Lymphosome concept: Anatomical study of the lymphatic system. Journal of Surgical Oncology. 2017; 115(1): 1–5. DOI: 10.1002/jso.24332.

## References

1. Borodin Yu.I., Gorchakova O.V., Sukhovshin A.V., Gorchakov V.N., etc. [The concept of the lymphatic region in a preventive lymphology]. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2018. 74p.
2. Vasilenko A.M., Sharipova M.M. [Micronutrient deficiency and problem of a komorbidnost]. Microelements in medicine. 2019; 20(1). P. 4–12. DOI: 10.19112/2413-6174-2019-20-1-4-12].
3. Kudrin A.V., Skalniy A.V., Zhavoronkov A.A., Skalnaja M.G. [Immunopharmacology of microelements]. Moscow: KMK, 2000. 537 p.
4. Skalniy A.V., Rudakov N.A. [Bioelements in medicine]. Moscow: Publishing house “Onyx the 21st century”, “World”. 2004. 272 p.
5. Gorchakova O., Kolosova N., Gorchakov V., Starkova E., Demchenko G. Premature aging and structural organization of the mesenteric lymph node. Archiv Euromedica. 2019; 9(3): 22–24. <https://doi.org/10.35630/2199-885X/2019/9/3.7>
6. Intorre F., Polito A., Andriollo-Sanchez M. Effect of zinc supplementation on vitamin status of middle-aged and older European adults: the ZENITH study. Eur. J. Clin. Nutr. 2008; 62: 1215–1223.
7. Maggini S., Wintergerst E.S., Beveridge S., Hornig D.H. Selected vitamins and trace elements support immune function by strengthening epithelial barriers and cellular and humoral immune responses. Br J Nutr. 2007; 98(Suppl 1): 29–35. DOI: 10.1017/S0007114507832971.
8. Nomura A., Sugiura Y. Contribution of individual zinc ligands to metal binding and peptide folding of zinc finger peptides. Inorg. Chem. 2002; 4: 3693–3698.
9. Piminov P.A. Synchrotron Radiation Research and Application at VEPP-4. Physics Procedia. 2016; 84: 19–26. DOI: 10.1016/j.phpro.2016.11.005.
10. Suami H. Lymphosome concept: Anatomical study of the lymphatic system. Journal of Surgical Oncology. 2017; 115(1): 1–5. DOI: 10.1002/jso.24332.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-11

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЧЕТАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ МАГНИЯ И МИКРОНИЗИРОВАННОГО ПРОГЕСТЕРОНА ПРИ УГРОЗЕ НЕВЫНАШИВАНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ

Е.А. Дубровина<sup>1\*</sup>, Г.В. Дубровина<sup>2</sup>, С.В. Нотова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Оренбургский государственный медицинский университет, г. Оренбург, Россия

<sup>2</sup> Оренбургский клинический перинатальный центр, г. Оренбург, Россия

<sup>3</sup> Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

\*e-mail: liza5567@yandex.ru

**РЕЗЮМЕ.** Результаты многочисленных исследований указывают на то, что во время беременности возрастает потребность в магнии. Недостаток данного элемента на ранних сроках беременности является фактором риска возникновения угрозы прерывания беременности, в связи с этим была поставлена цель исследования. В ходе обследования женщин в возрасте от 25 до 35 лет со сроком гестации до 12 недель и с угрозой невынашивания беременности выявлено, что сочетанное применение препарата магния (940 мг/сутки) и микронизированного прогестерона (400 мг/сутки) снижает побочные эффекты прогестерона и способствует повышению показателей психофизиологической адаптации. Установлено, что в группе женщин, получавших комбинированное лечение, были достоверно выше: уровень магния в крови (0,79 ммоль/л); показатели адаптации сердечно-сосудистой системы по индексу Бавеского и показатели теста САН.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** магний, невынашивание беременности, микронизированный прогестерон, индекс Бавеского, функциональное состояние.

---

## EVALUATION OF BLOOD MAGNESIUM LEVEL AND FUNCTIONAL STATE OF WOMEN AT THE THREAT OF PERMANENT PREGNANCY

*E.A. Dubrovina<sup>1\*</sup>, G.V. Dubrovina<sup>2</sup>, S.V. Notova<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Orenburg State Medical University, Orenburg, Russia

<sup>2</sup> Orenburg Clinical Perinatal Center, Orenburg, Russia

<sup>3</sup> Orenburg State University, Orenburg, Russia

\*e-mail: liza5567@yandex.ru

**ABSTRACT.** During pregnancy, a woman is more susceptible to magnesium deficiency, due to an increase in the need for this trace element. During the examination of women aged 25 to 35 years with a gestation period of up to 12 weeks and with the threat of miscarriage, it was revealed that the combined use of magnesium (940 mg/day) and micronized progesterone (400 mg/day) reduces the side effects of progesterone and contributes to an increase in the indicators of psychophysiological adaptation. It was found that in the group of women who received combined treatment, the following were significantly higher: the level of magnesium in the blood (0.79 mmol/l); indicators of adaptation of the cardiovascular system according to the Baevsky R.M. index and the indicators of the "SAN" test.

**KEYWORDS:** magnesium, interruption of pregnancy, micronized progesterone, index Baevsky, functional state.

### ВВЕДЕНИЕ

Магний является универсальным регулятором физиологических и биохимических процессов организма. Наиболее зависимыми от магния тканями являются: плацента, матка, мозг, миокард (Дикке, 2016). К одной из причин развития магниевых дефицита относится беременность. Важным фактором, определяющим нормальное развитие эмбриона и протекания беременности, считается достаточный уровень прогестерона и магния (Радыш, Скальный, 2015; Лисицына, Хилькевич, 2018).

Цель исследования – оценить эффективность сочетанного применения препаратов магния и микро- низированного прогестерона при угрозе невынашивания беременности.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На базе ГБУЗ «Оренбургский клинический перинатальный центр» было проведено обследование 30 беременных женщин со сроком гестации до 12 недель, в возрасте от 25 до 35 лет, которые проживают на территории Оренбургской области; от всех женщин были получены информированные согласия. Критериями исключения являлось наличие острых и обострение хронических заболеваний. Исследуемых разделили на две группы: I группа – микро- низированный прогестерон (200 мг 2 раз в сутки) и препарат Mg (470 мг 2 раза в сутки), II группа – только прогестерон. Курс приема препаратов составил 4 недели.

Определение уровня магния в крови натошак проводилось в аккредитованной лаборатории на биохимическом анализаторе Сапфир-400 (нормальные показатели уровня магния составляют 0,70–0,98 ммоль/л). Функциональное состояние беременных оценивалось с помощью индекса Баевского и теста САН. Статистическую обработку данных проводили с помощью программного пакета Statistica 10.0.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У беременных I группы показатели уровня магния в крови (0,79 (0,74–0,85)) достоверно выше, чем во II группе (0,65 (0,61–0,69)) ( $p < 0,05$ ). У женщин I группы наблюдалась удовлетворительная адаптация системы кровообращения (1,34 (1,22–1,47)). Во II группе Ме индекса Баевского находилась на границе удовлетворительной и напряженной адаптации (2,6 (1,29–2,73)), что говорит о наличии статистически значимого различия между женщинами I и II группы ( $p < 0,05$ ). При оценке результатов опросника САН было выяснено, что у женщин II группы показатели активности (А) и настроения (Н) достоверно ниже (А – 28,0 (25,2–29,8), Н – 33,5 (30,8–47,8)), чем у беременных I группы (А – 44,0 (39,0–50,3), Н – 61,5 (58,5–66,8)).

### ВЫВОДЫ

Полученные результаты подтверждают эффективность комплексного применения микро- низированного прогестерона и препарата магния, так как одновременное использование снижает побочные эффекты микро- низированного прогестерона и способствует лучшей адаптации сердечно-сосудистой системы.

---

## Список литературы / References

1. Дикке Г.Б. Роль магния при физиологической беременности: контраргументы и доказательства. Медицинский совет. 2016; 19: 96–102.
2. Лисицына О.И., Хилькевич Е.Г. Применение препаратов магния во время беременности. Медицинский совет. 2018; 7:50–53.
3. Радьш И.В., Скальный А.В. Введение в медицинскую элементарологию: учебное пособие. М.: Российский ун-т дружбы народов, 2015:198 с.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-12

## ВЛИЯНИЕ ДИСБАЛАНСА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ИММУНИТЕТ

**Г.П. Евсеева<sup>1\*</sup>, С.В. Супрун<sup>1</sup>, Е.Н. Супрун<sup>1,2</sup>, Е.В. Ракицкая<sup>1,2</sup>, В.К. Козлов<sup>1</sup>, О.А. Лебедько<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Хабаровский филиал Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыхания –  
НИИ охраны материнства и детства, Хабаровск, Россия

<sup>2</sup> Дальневосточный государственный медицинский университет, Хабаровск, Россия

\*e-mail: evseewa@yandex.ru

**РЕЗЮМЕ.** У здоровых детей Приамурья, проживающих в условиях избытка железа, дефицита йода и дисбаланса других микроэлементов в окружающей среде, выявлено снижение содержания йодидов цельной крови у 82% детей, наряду с этим у 25–67% детей выявлен дисбаланс в содержании других микроэлементов. Дисбаланс в концентрации элементов связан с содержанием CD3<sup>+</sup>, CD4<sup>+</sup> и CD8<sup>+</sup>, CD16<sup>+</sup>, CD22<sup>+</sup>, CD25<sup>+</sup> и HLA-DR<sup>+</sup>, уровнем IgG и IgA.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** дети, микроэлементы, иммунитет.

## INFLUENCE OF TRACE ELEMENTS IMBALANCE ON IMMUNITY

**G.P. Evseeva<sup>1\*</sup>, S.V. Suprun<sup>1</sup>, E.N. Suprun<sup>1,2</sup>, E.V. Rakitskaya<sup>1,2</sup>,  
V.K. Kozlov<sup>1</sup>, O.A. Lebed'ko<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Khabarovsk Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology  
of Respiration Research Institute of Maternity and Childhood Protection, Khabarovsk, Russia

<sup>2</sup> Far Eastern State Medical university, Khabarovsk, Russia

\*e-mail: evseewa@yandex.ru

**ABSTRACT.** In healthy children of the Amur region, living in conditions of excess iron, iodine deficiency and imbalance of other trace elements in the environment, a decrease in the content of iodides in whole blood was revealed in 82% of children, in 25–67% of children, an imbalance in the content of other trace elements was revealed. The imbalance in the content of elements is associated with the content of CD3<sup>+</sup>, CD4<sup>+</sup> and CD8<sup>+</sup>, CD16<sup>+</sup>, CD22<sup>+</sup>, CD25<sup>+</sup> and HLA-DR<sup>+</sup>, the level of IgG and IgA.

**KEYWORDS:** children, trace elements, immunity.

## ВВЕДЕНИЕ

Микроэлементы, как компоненты естественного метаболизма организма, существенно влияют на иммунные процессы (Кудрин, Громова, 2007; Maggini et al., 2007). По данной проблеме проведено много исследований, тем не менее сложные взаимодействия между элементами, зависящие от содержания их в окружающей среде, могут приводить к дисбалансу элементов в организме и в разной степени влиять на показатели иммунного статуса. В связи с этим было проведено исследование иммунного статуса у детей с различным содержанием микроэлементов в сыворотке и форменных элементах крови.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В сыворотке крови 290 здоровых детей определено содержание Zn, Fe, Pb, Ni, Li, Mn, Cu, Co, Se методом атомно-абсорбционного анализа на спектрофотометре Hitachi-Z900 (Япония) и концентрация йодидов в цельной крови методом прямой потенциометрии. Средний возраст детей составил 6,4±0,7 лет. От родителей получено добровольное информированное согласие на проведение диагностических мероприятий. Исследование лимфоидных популяций осуществляли на цитометре FACS Calibur «Becton Dickinson» (США). Полученные результаты исследований обработаны методами вариационной и непараметрической статистики. Вычисляли среднюю и ошибку средней ( $M \pm m$ ),  $U$ -критерий Манна–Уитни; проводили корреляционный анализ Спирмена. Различия считали достоверными при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Определено, что у 82% практически здоровых детей Приамурья снижена концентрация йодидов в цельной крови, что сопровождалось уменьшением в 1,3 раза содержания  $CD3^+$  и  $CD22^+$ , в 1,4 раза –  $CD4^+$  и  $CD8^+$ , в 2 раза –  $CD16^+$ , в 1,8 раза –  $CD25^+$  и  $HLA-DR^+$  ( $p<0,05$ ), отмечено снижение концентраций IgG и IgA. Корреляционный анализ выявил статистически значимые положительные корреляционные зависимости между содержанием йодидов и уровнем  $CD16^+$  ( $rs=0,38$ ,  $p<0,05$ ) и  $HLA-DR^+$  ( $rs=0,42$ ,  $p<0,05$ ). Повышенный уровень железа в сыворотке крови сопровождался снижением содержания  $CD16^+$ , в 1,6 раза – концентрации IgG и IgM ( $p<0,05$ ). Корреляционный анализ выявил статистически значимые положительные зависимости между содержанием железа и концентрацией IgM ( $rs=0,39$ ,  $p<0,05$ ). Сниженное содержание меди в сыворотке крови сопровождалось повышением числа  $CD4^+$  и снижением концентрации IgG и IgM ( $p<0,05$ ). Корреляционный анализ выявил статистически значимые положительные зависимости между содержанием меди и уровнем  $CD25^+$  ( $rs=-0,39$ ,  $p<0,05$ ) и концентрацией IgM ( $rs=0,4$ ,  $p<0,05$ ) и IgG ( $rs=0,51$ ,  $p<0,05$ ). Определена отрицательная корреляционная связь: сильная между содержанием свинца в сыворотке крови и концентрацией IgG ( $rs=-0,82$ ,  $p<0,05$ ) и положительная средней степени – с уровнем IgM ( $rs=0,58$ ,  $p<0,05$ ).

## ВЫВОДЫ

Недостаток йода и повышенное содержание железа, дисбаланс других микроэлементов, вероятно, может способствовать нарушениям в иммунном статусе у детей Приамурья, что возможно, предрасполагает к повышенной заболеваемости.

### Список литературы

1. Кудрин А.В., Громова О.А. Микроэлементы в иммунологии и онкологии. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2007. 544 с.
2. Maggini S., Wintergerst E.S., Beveridge S., Hornig D.H. Selected vitamins and trace elements support immune function by strengthening epithelial barriers and cellular and humoral immune responses. British Journal of Nutrition. 2007. 98(S1): 29–35. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007114507832971>.

### References

1. Kudrin A.V., Gromova O.A. Trace elements in immunology and oncology. M.: GEOTAR-Media, 2007. 544 p. (in Russ.).
2. Maggini S., Wintergerst E.S., Beveridge S., Hornig D.H. Selected vitamins and trace elements support immune function by strengthening epithelial barriers and cellular and humoral immune responses. British Journal of Nutrition. 2007. 98(S1): 29–35. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007114507832971>.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-13

## АЛЬФА-АКТИВНОСТЬ ЭЭГ И СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО БАЛАНСА В ОРГАНИЗМЕ ПОДРОСТКОВ

**Е.В. Евстафьева, О.А. Залата, С.А. Зинченко,  
И.А. Евстафьева, А.Г. Трибрат**

КФУ имени В.И. Вернадского, Медицинская академия им. С.И. Георгиевского;  
295006, бульвар Ленина 5/7, г. Симферополь, Россия

**РЕЗЮМЕ.** В условиях химического загрязнения среды изменяется баланс между химическими элементами (ХЭ), играющими важную роль в протекании нервных процессов. С целью определения значимости 28 ХЭ в обусловливании базового ритма электроэнцефалограммы (ЭЭГ) обследованы 119 городских подростков 12–14 лет. Химические элементы определяли в пробах волос рентгено-флуоресцентной спектрофотометрией; ЭЭГ регистрировали при трех функциональных пробах в 10 отведениях. По результатам корреляционного анализа определяли нейротропность ХЭ с учетом силы и значимости корреляционных связей содержания ХЭ со спектральной мощностью альфа-ритма. Нейротропность ХЭ была более выражена для токсичных тяжелых металлов при их содержании в пределах условной нормы, в то время как дефицитное содержание эссенциальных ХЭ было значимо главным образом при пробе «открытие глаз».

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** химические элементы, волосы, подростки, альфа-ритм, ЭЭГ.

---

## ALPHA EEG ACTIVITY AND ELEMENTAL BALANCE IN ADOLESCENT ORGANISM

*E.V. Evstafeva, O.A., Zalata, S.A. Zinchenko, I.A. Evstafeva, A.G. Tribat*

KFU named after V.I. Vernadsky, Medical Academy named after S.I. Georgievsky,  
295006, Lenin Boulevard 5/7, Simferopol, Russia

**ABSTRACT.** Under conditions of chemical pollution of the environment, the balance between chemical elements (CE), which play an important role in the course of neural processes, is changed. To determine the significance of 28 CE for the basic rhythm of the electroencephalogram (EEG), 119 urban adolescents 12-14 years old were examined. CE was determined in hair samples by X-ray fluorescent spectrophotometry. EEG in 10 leads was recorded with three functional states. Based on the results of correlation analysis, neurotropic effect of CE was determined taking into account the strength and significance of correlations between CE content and the spectral power of alpha rhythm. The "neurotropic" effect of CE was more expressed for toxic heavy metals at their content within the conditional norm, while the deficient content of essential CE was significant mainly in the eye-opening test.

**KEYWORDS:** chemical elements, hair, teenagers, alpha rhythm, EEG.

### ВВЕДЕНИЕ

Элементный гомеостаз мозга важен для нормального протекания нервных процессов, однако в условиях химического загрязнения окружающей среды баланс между эссенциальными и токсичными элементами существенно изменяется. Одним из «уязвимых» периодов является пубертатный, когда происходит становление механизмов нейроэндокринной регуляции.

Цель настоящего исследования – определение нейротропности ряда токсичных, условно токсичных, эссенциальных и условно эссенциальных элементов в обуславливании базовых ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) у подростков.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С соблюдением правил биоэтики было обследовано 119 школьников разного пола в возрасте 12–14 лет. Все испытуемые были без существенных отклонений в состоянии здоровья, проживали в г. Симферополе. Методом рентгенофлуоресцентной спектрофотометрии в пробах волос определяли 28 химических элементов (ХЭ). Функциональное состояние центральной нервной системы оценивали посредством регистрации текущей ЭЭГ-активности во фронтальных, центральных, теменных, височных и затылочных локусах согласно международной системе «10-20», в состоянии спокойного бодрствования (глаза закрыты, глаза открыты) и при решении арифметической задачи (обратный счет в уме) с закрытыми глазами. Нейротропность ХЭ в баллах определяли по результатам непараметрического корреляционного анализа по Спирмену, учитывая силу и значимость корреляционных связей (Евстафьева и др., 2016) ХЭ со спектральной мощностью *альфа*-ритма.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У обследованных подростков установлен дефицит эссенциальных элементов Zn, K, Fe, Cu, Se, Mn, S, Br и Cl. Превышений токсичных элементов не наблюдали, а I, Ag, V, Mo, Ti, Ba, Sb, Sn и Bi в пробах волос не обнаружены. Корреляционный анализ позволил выявить высокосвязные корреляционные связи ( $0,000 < p < 0,01$ ) при их слабой и средней силе ( $0,21 < R_s < 0,60$ ). При этом наибольшее число корреляционных связей и более высокие значения коэффициентов корреляций наблюдались при пробе на открывание глаз (99), при закрытых глазах выявлено 73 значимых корреляции, а наименьшее их число (43) – при арифметическом счете.

Ряды нейротропности ХЭ по результатам корреляционного анализа распределились при разных пробах следующим образом:

*глаза закрыты:*

As (54) > Se (33) > Cr (29) > Sr (28) > Cd, Ni (26) > Pb (25) > Co (15) > Hg (13) > Ca, Zn,

Cu (8), > Fe (4) > Rb (3);

*глаза открыты:*

Pb (52) > As (50) > Ni (47) > Zn (46) > Ca (39) > Cu (38) > Sr (32) > Se (23) > Fe (21) > Cr (19) Rb (13)

>Br (9) > Cl (6);

---

*арифметический счет:*

Hg (50)>Zn (35)>As (24)>Cl (23)>Pb (21), Ni (4)>Mn, K, Co (3).

При разных пробах значимость ХЭ несколько различалась, но в целом роль эссенциальных элементов в обуславливании мощности такого базового ритма ЭЭГ как *альфа*-ритм проявляла себя в наибольшей степени при десинхронизации ЭЭГ при открывании глаз, а в наименьшей – при арифметическом счете. В то же время условно токсичные (эссенциальные) и особенно токсичные тяжелые металлы при их содержании, не превышающем референтные значения, обнаруживали большую нейротропную активность при всех пробах. По результатам всех проб значимость ХЭ для спектральной мощности *альфа*-ритма распределилась следующим образом:

As(128)>Pb(98)>Zn(89)>Ni(77)>Hg(63)>Sr(60)>Cr(48)>Ca(47)>Cd(26)>Fe(25)>Co(18)>Rb(16).

## ВЫВОДЫ

Нейротропность ХЭ по отношению к спектральной мощности *альфа*-ритма была более выражена для токсичных тяжелых металлов при их содержании в пределах условной нормы, в то время как дефицитное содержание эссенциальных ХЭ проявляло свою значимость главным образом при пробе «открывание глаз». Характер установленных связей требует отдельного анализа.

Анализ ртути выполнен при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-29-24212).

## Список литературы / References

1. Евстафьева Е.В., Залата О.А., Евстафьева И.А. Способ оценки влияния биоэлементов на функциональное состояние центральной нервной системы. Патент на полезную модель №164769 Гос. Реестр полезных моделей РФ 26.08. 2016 г. (Evstafeva E.V., Zalata O.A., Evstafeva I.A. Sposob ocenki vliyaniya bioelementov na funktsional'noe sostoyanie central'noj nervnoj sistemy. Patent na poleznuyu model' №164769 Gos. Reestr poleznykh modelej RF 26.08. 2016 (in Russ)).

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-14

## СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ТОКСИЧНЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ И В БИОСУБСТРАТАХ ДЕТЕЙ-ДОШКОЛЬНИКОВ НА СЕЛЬСКИХ И УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

*А.В. Еремейшвили, С.А. Рябушева, А.А. Емельянова*

Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова,  
150003, Ярославская область, г. Ярославль, ул. Советская, д. 14

**РЕЗЮМЕ.** Проведено исследование по содержанию тяжелых металлов в волосах детей дошкольного возраста в г. Ярославле и области, а также в объектах окружающей среды для выявления экологической ситуации. Выявлено, что при увеличении техногенной нагрузки концентрация кадмия и свинца в объектах окружающей среды и в организме исследуемых детей значительно повышается.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** тяжелые металлы, дети, промышленные города, биосубстраты, сельская местность.

## THE CONTENT OF TRACE ELEMENTS OF TOXIC HEAVY METALS IN THE ENVIRONMENT AND IN THE BIOSUBSTRATES OF PRESCHOOL CHILDREN IN RURAL AND URBANIZED TERRITORIES OF THE YAROSLAVL REGION

*A.V. Ereimeishvili, S. A. Ryabusheva, A. A. Emelyanova*

P.G. Demidov Yaroslavl State University,  
150003, Yaroslavlskaya oblast, Yaroslavl, ul. Sovetskaya, d. 14

**ABSTRACT.** The problem of heavy metal pollution of natural environments of industrial cities is very relevant today. Yaroslavl is a major center of the chemical and machine-building industry. The most susceptible group to the influence of pollutants, including heavy metals, are children. A study was conducted on the content of heavy metals in the hair of pre-school children in the city of Yaroslavl and the region, as well as in environmental objects to identify the environmental

---

situation. It was found that with an increase in the technogenic load, the concentration of cadmium and lead in the objects of the environment and in the body of the studied children significantly increases.

KEYWORDS: heavy metals, children, industrial cities, biosubstrates, rural areas.

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема загрязнения тяжелыми металлами природных сред промышленных городов на сегодняшний день весьма актуальна. Город Ярославль является крупным центром химической и машиностроительной промышленности. Самой восприимчивой группой к влиянию загрязнителей, в том числе и тяжелыми металлами, являются дети.

Цель исследования – изучение содержания микроэлементов тяжелых металлов в объектах окружающей среды и биосубстратах детей дошкольного возраста сельской и промышленной территорий Ярославской области.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследования были выбраны дети в возрасте от 1 до 6 лет на территории с наименьшей техногенной нагрузкой, посещающие детский сад в селе Кукобой Первомайского района, г. Тутаева Ярославской области и с наибольшей техногенной нагрузкой г. Ярославля. Всего обследовано 140 детей.

Для определения содержания цинка, меди, свинца и кадмия в волосах детей, а также в питьевой воде, почве и снеге использовали метод инверсионной вольтамперометрии с последующей статистической обработкой.

Сбор материала и оценку результатов проводили в соответствии с центильными шкалами содержания микроэлементов в волосах детей от 1 до 6 лет, предложенным А.В. Скальным (Скальный, 2002).

Раз в сезон в изучаемом районе отбирали пробы питьевой воды в соответствии с правилами, предусмотренными ГОСТ 51593-2000 «Вода питьевая. Отбор проб». Подготовку и обработку проб осуществляли в соответствии с МУК 4.1.742-99, раздел 4 «Методы контроля. Химические факторы. Инверсионное вольтамперометрическое измерение концентрации ионов цинка, кадмия, свинца и меди в воде» (Количественный анализ..., 2000).

Пробы снежного покрова отбирали весной при активном снеготаянии. Было отобрано и обработано 24 пробы. Отбор и подготовку проб осуществляли в соответствии с методическими рекомендациями (Методические рекомендации..., 1990).

Статистическую обработку результатов исследования проводили при помощи программы Statistica, версия 6.0, Microsoft Excel 2003. Использовали оценку достоверности различий, непараметрический статистический критерий *U*-критерий Манна–Уитни и оценку достоверности различий. Различия оценивали как достоверные при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований были получены следующие данные по содержанию тяжелых металлов в волосах детей. Во всех исследуемых группах содержание цинка было в пределах физиологической нормы, однако наименьшее значение было отмечено у детей из сельской местности (42 и 50%), у городских детей дефицит цинка не превышал 38%. Пониженное содержание цинка в биосубстратах детей из с. Кукобая, можно объяснить повышенной концентрацией меди, так как данные элементы являются функциональными антагонистами, а также тем, что Ярославская область относится к дефицитной по этому металлу биогеохимической провинции. Уровень свинца превышал физиологическую норму во всех исследуемых выборках, но наибольшие значения наблюдались в г. Ярославле, что говорит о повышенной антропогенной нагрузке. Относительно высокое содержание свинца в волосах ( $5,122 \pm 0,545$  мкг/г) можно объяснить дефицитом цинка и рационом питания с повышенным содержанием углеводов и недостатком белков. Концентрация кадмия у городских детей была выше ( $0,39 \pm 0,47$  мкг/г), чем у сельских ( $0,105 \pm 0,028$  мкг/г), в одной группе она превышала физиологическую норму. Повышенный уровень кадмия у детей из Красноперекоского района г. Ярославля, обусловлен дефицитом цинка и меди, наблюдаемого у 38 и 33% детей соответственно, так как данные элементы являются функциональными антагонистами, а также с повышенной антропогенной нагрузкой и недостаточным употреблением белковой пищи (Авцын и др., 1991).

Выявлено, что у детей, принимавших, витаминно-минеральные комплексы концентрация меди была достоверно ниже, чем у не принимавших, возможно, это связано с тем, что в их составе присутствовала аскорбиновая кислота, а медь требуется для ее утилизации (Ребров, Громова, 2008). Этот фактор следует учесть людям с дисбалансом меди в организме.

На период исследования уровень тяжелых металлов в питьевой воде не превышал ПДК («Гигиенические требования и нормативы качества питьевой воды». СанПин 2. 1. 4.1074-01). Суммарный показатель загрязнения (Zс) почвенного покрова г. Ярославля по улице Красноперекопской в придорожной (43,751) и жилой зонах (18,123) соответствует высокому и среднему уровню загрязнения, это означает о возможном увеличении заболеваемости населения (Методические рекомендации..., 1990). Уровень загрязнения почвенного покрова Первомайского района был определен как очень низкий (4,595 придорожная, 2,501 жилая зона). Это подтверждается низкой техногенной нагрузкой в районе, следовательно, здесь можно отметить относительно благополучную экологическую ситуацию.

По суммарному показателю загрязнения (Zс) снежного покрова, исследуемых районов, можно было отметить относительно низкий уровень загрязнения. В г. Ярославле в придорожной зоне он был равен 22,430, а в с. Кукобое – 11,547. Однако наименьшее значение наблюдается в селе (за исключением свинца), что обусловлено низкой антропогенной нагрузкой в данной местности. Значения суммарного показателя в г. Ярославле за два года отличаются не значительно.

Уровень загрязнения снежного покрова был определен, как очень низкий. Содержание цинка, меди, свинца и кадмия в питьевой воде и почве не превышает ПДК и не может являться причиной дисбаланса этих элементов в биосубстратах детей, как в г. Ярославле, так и в с. Кукобое. Уровень загрязнения почвенного покрова в Первомайском районе оценивался как очень низкий, а в Красноперекопском районе г. Ярославля в придорожной зоне высокий, в жилой зоне – средний. Содержание цинка, меди и кадмия (за исключением д/с № 59) в биосубстратах детей Красноперекопского района находится в пределах нормы, свинца – превышает норму. Концентрация цинка и кадмия в волосах детей Первомайского района не превышает границ физиологической нормы, меди и свинца выше нормы. При употреблении витаминно-минеральных комплексов в волосах происходит снижение меди.

## ВЫВОДЫ

Изучение микроэлементного статуса жителей сельских территорий позволяет получить представление о влиянии естественного геохимического фона, так как жители сел чаще всего потребляют местные сельскохозяйственные продукты и питьевую воду. Большой практический и научный интерес представляет изучение микроэлементного статуса детей, живущих в условиях техногенной нагрузки и в условиях аграрного сектора. Выявлено, что при увеличении техногенной нагрузки концентрация кадмия и свинца в объектах окружающей среды и в организме исследуемых детей значительно повышается.

## Список литературы

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчикова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органо-патология. М.: Медицина, 1991. 496 с.
2. Количественный анализ вод методами инверсионной вольтамперометрии. М.: «НПКФ АКВИЛОН». 2000.
3. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР от 15.05.1990 N 5174-90).
4. Ребров В.Г., Громова О.А. Витамины, макро- и микроэлементы. М.: ГЭОТАР Медиа, 2008. 960 с.
5. Скальный А.В. Установление границ допустимого содержания химических элементов в волосах детей с применением центильных шкал. Вестник С.-Петербургской ГМА им. И.И. Мечникова 2002; (1–2): 62–65.

## References

1. Avцын А.П., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., Storchikova L.S. Mikrojelementozy cheloveka: jetiologija, klassifikacija, organopatologija. M.: Medicina, 1991. 496 s.
2. Kolichestvennyj analiz vod metodami inversionnoj vol'tamperometrii. M.: «NPKF AKVILON». 2000.
3. Metodicheskie rekomendacii po ocenke stepeni zagrijaznenija atmosfernogo vozduha naselennyh punktov metallami po ih sodержaniju v snezhnom pokrove i pochve (utv. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom SSSR ot 15.05.1990 N 5174-90).
4. Rebrov V.G., Gromova O.A. Vitaminy, makro- i mikrojelementy. M.: GJeOTAR Media, 2008. 960 s.
5. Skal'nyj A.V. Ustanovlenie granic dopustimogo sodержanija himicheskikh jelementov v volosah detej s primeneniem cen-til'nyh shkal. Vestnik S.-Peterburgskoj GMA im. I.I. Mechnikova 2002; (1–2): 62–65.



## ЗДОРОВЬЕ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ КРУПНОГО МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО КОМБИНАТА

*Г.Н. Киреева<sup>1</sup>, Е.В. Жуковская<sup>2\*</sup>*

<sup>1</sup> Областная детская клиническая больница, г. Челябинск, Россия

<sup>2</sup> НМИЦ детской гематологии, онкологии и иммунологии им. Д. Рогачева, МЗ России, Москва, Россия

\*e-mail: elena\_zhukovskay@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** Проживание на территории с избыточным уровнем химических элементов может сказываться на различных функциях организма на протяжении всей жизни человека. Целью настоящего исследования была оценка здоровья детского населения г. Карабаша, и контаминации организма обследуемых детей токсичными и условно токсичными химическими элементами. В 2014 г. проведено клиническое обследование 114 детей от 12 до 14 лет, проживающих на территории Челябинской области в г. Карабаше, и исследованы пробы волос на содержание макро- и микроэлементов. Аналитические исследования выполнены в испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» методами атомной эмиссионной спектроскопии с индукционно связанной аргонной плазмой (ИСП-АЭС) и другими. Выявлены отклонения сердечно-сосудистой и нервной систем, высокая частота коморбидных заболеваний. Мальчики в большей степени имеют избыток As, Cd, Tl, а девочки – избыток Pb. Содержание в волосах испытуемых из г. Карабаша As и Pb выше по сравнению не только с показателями детей из других населенных пунктов, но и с рекомендуемыми среднероссийскими значениями.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** дети, здоровье, токсичные, эссенциальные химические элементы.

## HEALTH OF CHILDREN LIVING IN THE AREA OF OPERATION OF A LARGE COPPER SMELTER

*G.N. Kireeva<sup>1</sup>, E.V. Zhyukovskaya<sup>2\*</sup>*

<sup>1</sup> Regional Children's Clinical Hospital, Chelyabinsk, Russia

<sup>2</sup> NMIC of Children's Hematology, Oncology and Immunology named after D. Rogachev,

Ministry of Health of Russia, Moscow, Russia

\*e-mail: elena\_zhukovskay@mail.ru

**ABSTRACT.** Living in an area with excessive levels of chemical elements can affect various body functions throughout a person's life. The purpose of this study was to assess the health of the child population of the city of Karabash, and the contamination of the organism of the examined children with toxic and conditionally toxic chemical elements. In 2014, a clinical examination was carried out on 114 children from 12 to 14 years old, living in the Chelyabinsk region in the village of Karabash, and hair samples were examined for the content of macro- and microelements. Analytical studies were carried out in the Testing Laboratory of ANO "Center for Biotic Medicine" by methods of atomic emission spectrometry with inductively coupled argon plasma (ICP-AES) and others. Deviations of the cardiovascular and nervous systems, a high incidence of comorbid diseases were revealed. Boys have an excess of As, Cd, Tl largely, while the girls have an excess of Pb. The content of As and Pb in the hair of subjects from Karabash is higher not only with the indicators of children from other settlements, but also with the recommended average Russian values. Conclusion. The indicators of the health of the child population, the increased content of toxic chemical elements in biomaterials make it possible to classify Karabash as a city in need of recreational programs.

**KEYWORDS:** children, health, toxic, essential chemical elements.

## ВВЕДЕНИЕ

Основная часть патологии как детского, так и взрослого населения имеет полигенную природу. Реализация генетических детерминированных рисков зависит от комплекса причин эндогенной и полигенной природы. Если существование моногорода связано с объектом тяжелой или цветной металлургии, то весьма вероятной становится повышенная нагрузка токсичными металлами на внешнюю среду и организм человека. К подобным территориям относится г. Карабаш в Челябинской области.

Ксенобиотический профиль биогеоценоза у человека реализуется путем формирования доклинических или патологических проявлений микроэлементозов (Царегородцева и др., 2011). Дефицит или избыток микроэлементов может сказываться на различных функциях организма на протяжении всей жизни человека. Таким образом, приобретенный в детстве микроэлементоз может иметь долгосрочные последствия (Barr et al., 2001; Бондаренко, Киреева, 2014).

---

Учитывая почти двухсотлетнюю историю добычи и переработки промышленных золотonosных и медесодержащих руд, напряженную социальную ситуацию, интерес к здоровью детского населения не угасает.

Цель исследования – оценка здоровья детского населения г. Карабаша и контаминация организма обследуемых детей токсичными и условно токсичными химическими элементами.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В поперечном исследовании в 2014 г. изучены образцы волос 114 детей (учеников средних общеобразовательных учреждений возрастом от 12 до 14 лет, проживающих на территории Челябинской области в г. Карабаше) на содержание макро- и микроэлементов

Оценка состояния здоровья включала врачебный осмотр (педиатр, стоматолог), определение антропометрических характеристик, ЭКГ, спирометрию, пульсоксиметрию, экспресс-анализ общего холестерина и глюкозы в крови, определение факторов риска развития социально значимых заболеваний. Индикативные показатели здравоохранения были предоставлены органами областного и муниципального здравоохранения.

Аналитические исследования выполнены в испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва) методами атомной эмиссионной спектроскопии с индукционно связанной аргонной плазмой (ИСП-АЭС) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой (ИСП-МС) на приборах Optima 2000 DV, Elan 9000 и NexION 300D+NWR213 (Perkin Elmer, США).

Математическая обработка результатов исследования с учетом данных общей оценки здоровья и функционального состояния организма проведена с помощью программы STATISTICA 8.0 (StatSoft Inc., США).

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Общеклиническое обследование мальчиков и девочек позволило охарактеризовать сформированную группу школьников, как соответствующую средненормативным показателям. Большинство подростков имели мезосоматотип. Из соматических проявлений можно отметить лабильность числа сердечных сокращений, повышенное содержание глюкозы, у 12 мальчиков и 3 девочек уровень холестерина превышал нормативы. Причиной изменений может служить значительное число факторов: от времени забора биопроб до наличия у подростков эндокринной патологии, вегетативных нарушений. Всем детям было предложено пройти обследование в областной детской больнице в гастроэнтерологическом и эндокринологическом отделениях. Таким образом, 33 (25,4%) школьника имели третью группу здоровья. В 2020 г. доля детей в возрасте до 17 лет с первично установленным диагнозом болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани составила 78% при величине индикативного показателя 40%. Такие же пропорции характерны для эндокринной патологии болезней системы органов кровообращения и др.

В какой степени на это влияют социально-медицинские условия г. Карабаша (обеспеченность врачами 30%), образ жизни и т.п.? Но нельзя не сказать, что население проживает в условиях техногенного прессинга.

Как показали результаты эксперимента, дети, проживающие в г. Карабаше, наряду с характерным для всех обследований дефицитом эссенциальных элементов испытывают повышенную нагрузку комплексом токсичных, потенциально токсичных металлов и As по сравнению со сверстниками из других населенных пунктов (Скальный, Демидов, 2001). При этом мальчики в большей степени страдают от избытков As, Cd, Tl, а девочки – от избытка Pb. Содержание в волосах испытуемых из г. Карабаша As и Pb выше по сравнению не только с показателями детей из других населенных пунктов, но и с рекомендуемыми среднероссийскими значениями (Нотова и др., 2017).

Аномалии содержания в волосах токсичных элементов и дефицит эссенциальных элементов подтверждают общепромышленные закономерности промышленной токсикологии, независимо, идет ли речь о небольшом городе с предприятием, загрязняющую среду или о мегаполисах Москва, Челябинск (Узу-

нова, Аксенов, 2015). Однако распространенность избытка As, Cd, Pb у детского населения г. Карабаша превосходит города миллионники.

## ВЫВОДЫ

Моногорода могут решать свои экологические проблемы с помощью областных или федеральных властей, использование же их в качестве модели позволяет с меньшими затратами разрабатывать внедрять эффективные рекреационные программы для регионов (Драчук и др., 2016).

## Список литературы

1. Царегородцева А.Д., Викторова А.А., Османова И.М. (ред.). Экологическая педиатрия. М: Триада-Х. 2011. 328 с.
2. Бондаренко В.П., Киреева Г.Н. Методы лабораторной диагностики здоровья детей в экологически неблагоприятных районах. Материалы междисциплинарной НПК «Здоровье населения промышленных моногородов». Челябинск, 2014. С. 13–16.
3. Barr D.B, Wang R.Y., Needman L.I. Biologic monitoring of exposure to environmental chemicals throughout the life stages: Requirements and issues for consideration for the National Children's Study. Environ. Health Perspect. 2005; 113(8): 1083–1091.
4. Скальный А.В., Демидов В.А. Элементный состав волос как отражение сезонных колебаний обеспеченности организма детей макро- и микроэлементами. Микроэлементы в медицине. 2001; 2(1): 36–41.
5. Нотова С.В., Киреева Г.Н., Жуковская Е.В., Грабелкис А.Р., Кияева Е.В., Скальный А.В., Дерягина Л.Е. Влияние антропогенных и геохимических факторов среды обитания на элементный статус детей челябинской области. Экология человека. 2017; 11: 23–28.
6. Узунова А.Н., Аксенов А.В. Значимость изменений содержания тяжелых металлов в сыворотке крови при ювенильном артрите у детей, проживающих в крупном промышленном центре Южного Урала – Челябинске. Педиатрический вестник Южного Урала. 2015; 1: 48–517.
7. Драчук Л.А., Драчук Т.Э., Пешикова М.В. Рациональное использование медико-статистических исследований в практическом здравоохранении. Педиатрический вестник Южного Урала. 2016; 2: 78–85.

## References

1. Caregorodceva A.D., Viktorova A.A., Osmanova I.M. (red.). Jekologicheskaja pediatrija. M: Triada-H. 2011. 328 s.
2. Bondarenko V.P., Kireeva G.N. Metody laboratornoj diagnostiki zdorov'ja detej v jekologicheski neblagoprijatnyh rajnah. Materialy mezhdisciplinarnoj NPK «Zdorov'e naselenija promyshlennyh monogorodov». Cheljabinsk, 2014. S. 13–16.
3. Barr D.B, Wang R.Y., Needman L.I. Biologic monitoring of exposure to environmental chemicals throughout the life stages: Requirements and issues for consideration for the National Children's Study. Environ. Health Perspect. 2005; 113(8): 1083–1091.
4. Skalnyj A.V., Demidov V.A. Jelementnyj sostav volos kak otrazhenie sezonnyh kolebanij obespechennosti organizma detej makro- i mikrojelementami. Mikrojelementy v medicine. 2001; 2(1): 36–41.
5. Notova S.V., Kireeva G.N., Zhukovskaja E.V., Grabeklis A.R., Kijaeva E.V., Skalnyj A.V., Derjagina L.E. Vlijanie antropogennyh i geohimicheskikh faktorov sredy obitaniya na jelementnyj status detej cheljabinskoj oblasti. Jekologija cheloveka. 2017; 11: 23–28.
6. Uzunova A.N., Aksenov A.V. Znachimost' izmenenij soderzhaniya tjazhelyh metallov v syvorotke krovi pri juvenil'nom artrite u detej, prozhivajushih v krupnom promyshlennom centre Juzhnogo Urala – Cheljabinske. Pediatricheskij vestnik Juzhnogo Urala. 2015; 1: 48–517.
7. Drachuk L.A., Drachuk T.Je., Peshikova M.V. Racional'noe ispol'zovanie mediko-statisticheskikh issledovanij v prakticheskom zdavoohranenii. Pediatricheskij vestnik Juzhnogo Urala. 2016; 2: 78–85.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-16

## ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СИБАЙСКОГО КАРЬЕРА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

**Г.Р. Ильбулова\*, И.Н. Семенова, Я.Т. Суюндуков,  
Р.Ф. Хасанова, М.Б. Суюндукова**

ГАНУ «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан»,  
453837, Республика Башкортостан, г. Сибай, ул. Кутузова, 1  
\*e-mail: ilbulova@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** Исследование проведено на территории г. Сибай Республики Башкортостан, где расположен крупный карьер, в котором добывают медно-цинковую руду. Изучены особенности распределения подвижных форм тяжелых металлов (Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, Pb, Cd, Co) в почвах и содержание биоэлементов в растительных образцах, отобранных на пробных площадках, прилегающих к карьере. Выявлено, что все образцы почв имели повышенное

---

содержание эссенциальных (Cu, Zn, Co), условно-эссенциальных (Ni) и токсичных (Cd) элементов. По степени загрязнения изученные почвы относились к категории допустимой и умеренно-опасной. В надземных частях растительных образцов отмечен повышенный уровень Zn, Ni, Fe, Cd, Co, в корнях – Cu, Zn, Ni, Fe, Mn, Cd, Co.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** тяжелые металлы, суммарный показатель загрязнения, индекс аккумуляции.

## **ECOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF THE STATE OF SOILS IN THE IMPACT ZONE OF THE SIBAY QUARRY OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN**

***G.R. Ilbulova\*, I.N. Semenova, Ya.T. Suyundukov, R.F. Khasanova, M.B. Suyundukova***

Institute of Strategic Studies of the Republic of Bashkortostan,

Sibay, 1 Kutuzova str., 453837, Republic of Bashkortostan,

\*e-mail: ilbulova@mail.ru

**ABSTRACT.** This study was conducted on the territory of the city of Sibay, Republic of Bashkortostan, where a large quarry is located, in which copper-zinc ore is extracted. The features of the distribution of mobile forms of heavy metals (Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, Pb, Cd, Co) in soils and the content of bioelements in plant samples taken at sample sites adjacent to the quarry were studied. It was revealed that all soil samples had an increased content of essential (Si, Zn, Co), conditionally essential (Ni) and toxic (Cd) elements. According to the degree of contamination, the studied soils were classified as permissible and moderately dangerous. Elevated levels of Zn, Ni, Fe, Cd, and Co were found in the aboveground parts of the plant samples, and Cu, Zn, Ni, Fe, Mn, Cd, and Co were found in the roots.

**KEYWORDS:** heavy metals, total pollution indicator, accumulation index.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Здоровье человека отражает состояние экосистемы в целом, является обобщенным показателем качества среды обитания. В окрестностях горнорудных предприятий, формируются биогеохимические зоны с повышенным содержанием в объектах окружающей среды тех или иных токсических веществ. Длительная продолжительность работы карьера и нахождение его в черте города представляет для населения экологическую угрозу. Эти факторы обуславливают необходимость постоянного контроля за состоянием прилегающих территорий.

Цель работы – эколого-токсикологическая оценка состояния почв в зоне воздействия Сибайского карьера Республики Башкортостан.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Почвенные и растительные образцы отбирали на территории, прилегающей к карьере, согласно общепринятым методам (Опекунова, 2004) и использовали для определения содержания тяжелых металлов (ТМ) методом атомной адсорбции. Экотоксикологическую оценку почв проводили с помощью ПДК, чистоты растительного сырья – показателя МДУ (Временные максимальные допустимые..., 1991). Для оценки степени загрязнения почв применяли суммарный показатель загрязнения  $Z_c$ , степени накопления ТМ в растениях – индекс аккумуляции.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Результаты исследования показали в почвах повышенное содержание эссенциальных элементов Cu (1,4–3,3 ПДК), Zn (1,8–9,4 ПДК), Co (1,0–1,4 ПДК), условно-эссенциального элемента Ni (1,6–6,8 ПДК) и токсичного элемента Cd (от 2,0 до 12,5 раз РГФ). Концентрации Mn, Pb и Fe не превышали ПДК и фон соответственно. Оценка загрязненности почв по суммарному показателю  $Z_c$  выявила, что по уровню химического загрязнения почвы соответствовали допустимой и умеренно-опасной категориям.

В изученных растениях выявлен повышенный уровень Zn (1,0–11,9 МДУ), Fe (1,3–3,5 токсичной концентрации), Ni (7,0–11,7 МДУ), Cd (2,9–24,5 ПДК), Co (15,8–58,9 нормы) – в надземной части, Cu (1,1–2,0 МДУ), Zn (1,7–17,6 МДУ), Fe (2,5–6,8 токсичной концентрации), Ni (8,7–17,7 МДУ), Mn (1,1 токсичной концентрации), Cd (5,5–40,0 ПДК), Co (21,4–62,2 нормы) – в корнях. Концентрации Cu и Pb находились в пределах нормы. В растениях все ТМ накапливались по акропетальному типу. К элементам слабого накопления относятся Pb, Zn, Fe, Ni, Mn, Cd и Co.

---

## ВЫВОДЫ

Почвы в зоне воздействия Сибайского карьера Республики Башкортостан характеризуются повышенным содержанием меди, цинка, кобальта, никеля и кадмия. В растениях отмечено увеличение цинка, никеля, железа, кадмия и кобальта.

Публикация подготовлена в рамках поддержанного РФФИ и Правительством Республики Башкортостан научного проекта 19-413-020003 р\_а.

### Список литературы

1. Временные максимально допустимые уровни (МДУ) некоторых химических элементов госстипола в кормах сельскохозяйственных животных. Утверждены Главным управлением ветеринарии министерства сельского хозяйства РБ, 1991.
2. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений: учеб. пособие. СПб: Изд.-во С.-Петерб. ун-та, 2004. 228 с.

### References

1. Interim maximum allowable levels of certain chemical elements to feed farm animals. Approved by the General Directorate of Veterinary Medicine Department of Agriculture RB 1991 [In Russ.].
2. Opekunova M.G. Bioindication contaminants: studies. allowance. SPb: Izd. of St. Petersburg. University Press, 2004. 228 s. [In Russ.].

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-17

## К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ COVID-19

*М.В. Капитальчук*

Приднестровский государственный университет, Молдова  
e-mail: kapitalim@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** Обсуждаются возможные причины распространения COVID-19 в зависимости от экологических условий. Наименьшее количество зараженных отмечено в островных государствах и странах, расположенных на побережье. Возможно, это связано с влиянием океанического воздуха. Рассматривается возможное влияние на иммунитет населения Молдавии селенового статуса и загрязнения территории пестицидами. Имеются сведения о взаимосвязи селенового статуса населения с заболеваемостью COVID-19. Территорию Молдавии можно отнести к биогеохимическим провинциям с оптимальным содержанием селена в окружающей среде. Несмотря на то, что население Молдавии обеспечено селеном, заболеваемость выше, чем в регионах с дефицитом селена. В этой стране в больших количествах использовались высокотоксичные и очень устойчивые хлорорганические пестициды, которые могли ослабить иммунитет населения Молдавии.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** иммунитет, экологические условия, микроэлементы, COVID-19.

## ON THE IMPACT OF BIOGEOCHEMICAL CONDITIONS ON THE INCIDENCE OF COVID-19

*M.V. Kapitalchuk*

Shevchenko State University of Pridnestrovie, Moldova  
e-mail: kapitalim@mail.ru

**ABSTRACT.** Possible causes of the spread of COVID-19 are discussed, depending on environmental conditions. The lowest number of infected people was observed in island states and located on the coast. Perhaps this is due to the influence of ocean air. The possible influence of the selenium status and the contamination of the territory with pesticides on the immunity of the Moldovan population is considered. There is information about the relationship selenium status of the population with the incidence of COVID-19. The territory of Moldova can be classified as a biogeochemical province with an optimal content of selenium in the environment. Despite the fact that the population of Moldova is provided with selenium, the incidence is higher than in regions with selenium deficiency. But, in this country, highly toxic and very resistant organochlorine pesticides were used in large quantities, which could weaken the immunity of the Moldovan population.

**KEYWORDS:** immunity, environmental conditions, trace elements, COVID-19.

---

## ВВЕДЕНИЕ

Пандемия COVID-19 охватила весь мир. Однако количество зафиксированных случаев зараженных коронавирусом в разных странах существенно отличается. Из статистических данных на 28 февраля 2021 г. (представленные в Википедии) следует, что число зараженных на 1 млн варьирует от 6 до 140 000. Иммуитет населения зависит от обеспеченности организма жизненно необходимыми элементами. На здоровье популяции также влияют социальные и экономические факторы.

Цель работы – изучение влияния биогеохимических условий проживания населения на заболеваемость COVID-19.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При рассмотрении заболеваемости COVID-19 в странах мира можно выделить некоторые группы стран. Так, наименьшее количество зараженных отмечено в островных государствах (число зараженных на 1 млн): Вануату (3), Микронезия (9), Самоа (15), Соломоны острова (26), Маршаловы острова (67), Макао (73), Фиджи (66), Тайвань (40), а также в государствах, расположенных на побережье: Лаос (6), Западная Сахара (16), Танзания (8), Вьетнам (25).

Государства с числом зараженных от 100 до 1000 на 1 млн: Папуа-Новая Гвинея (141), Новая Каледония (202), Либерия (392), Бруней (422), Сомали (448), Сьерра-Леоне (481), Новая Зеландия (475), Маврикий (479), Ангола (620), Мадагаскар (704), Эритрея (796) либо островные, либо большей частью расположены на побережье. Возможно, здесь сказывается влияние океанического воздуха. Однако невысокая заболеваемость встречается и во внутриконтинентальных странах: Бурунди (182), Нигер (191), Чад (237), Конго (284), Мали (406), Бенин (441), Буркина-Фасо (563), Судан (636), Южный Судан (703), Того (815), Уганда (865), Сирия (874). Эти страны расположены в Африке и Азии. В Западной полушарии можно отметить с невысокой заболеваемостью Гренландию (528) и Никарагуа (965), которые омываются океанами.

Государства с наибольшим количеством зараженных коронавирусом располагаются преимущественно в Европе (число зараженных на 1 млн): Андорра (140 264), Черногория (120 732), Гибралтар (125 846), Чехия (115 277), Сан-Марино (109 365), Словения (91 423), Люксембург (87 622) и др. Высокая заболеваемость также характерна для Американского континента. Такой подход к анализу, видимо, не применим к крупным государствам, в которых наблюдаются разнообразные природные условия (Россия, США, Китай и др.).

Существуют сведения о том, что есть связь между обеспеченностью населения селеном и цинком с заболеваемостью COVID-19. Системные 15-летние исследования позволяют отнести территорию Молдавии к биогеохимическим провинциям с оптимальным содержанием селена в окружающей среде. В то же время пилотные данные указывают на недостаток цинка у населения. Число зараженных коронавирусом в Молдавии на 1 млн больше (46 044), чем в соседних – Украине (30 943) и России (29 088), но ближе к этому показателю Румынии (41 874). На здоровье популяции и иммунитет населения также сильно влияют другие факторы, например, наличие в окружающей среде стойких органических загрязнителей (СОЗ), таких как пестициды. Молдавия – государство с развитым сельским хозяйством, и в советское время пестициды тоннами завозились на эту территорию. После запрета использования ДДТ в 1978 г. в Молдавии оставались более 600 тонн этого опасного загрязнителя. Все СОЗ очень устойчивы в окружающей среде и вызывают ряд заболеваний, в первую очередь ослабление иммунитета населения. Массовое использование хлорорганических пестицидов в Молдавии, очевидно, существенно повлияло на здоровье популяции.

## ВЫВОДЫ

Несмотря на то, что население Молдавии обеспечено жизненно необходимым элементом селеном, заболеваемость выше, чем в регионах с дефицитом селена. Для нормального функционирования живых организмов важно соотношение жизненно важных элементов и отсутствие опасных загрязнителей. Важным остается выявление соотношения биогенных элементов в организме человека, повышающее здоровье популяции и сопротивляемость организма инфекционным заболеваниям.

## ПРОФИЛЬ АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ МИКРОФЛОРЫ КИШЕЧНИКА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ В КОРМЛЕНИИ

*И.Ф. Каримов\*, Е.П. Мирошникова, М.С. Мирошникова, В.А. Антипов*

Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13

\*e-mail: ifkarimov@yandex.ru

**РЕЗЮМЕ.** В последние десятилетия актуально изучение наночастиц металлов и попытки их применения в различных сферах деятельности человека. В области микробиологии часто подобные агенты используются в качестве биоцидных факторов, способствующих элиминации нежелательной микрофлоры. Данная работа посвящена оценке действия кормовых добавок на основе наночастиц железа и меди с добавлением коры дуба или пробиотических препаратов на изменение чувствительности кишечной микрофлоры цыплят-бройлеров к антибиотикам. Показано, что наночастицы металлов способны повышать количество устойчивых к антибиотикам форм бактерий, что потенциально создает генетический резерв, который в дальнейшем может быть использован неблагоприятной микрофлорой.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** наночастицы, антибиотики, микрофлора, кормовая добавка.

## ANTIBIOTIC RESISTANCE PROFILE OF BROILER CHICKENS INTESTINAL MICROFLORA WHEN USING METAL NANOPARTICLES IN FEEDING

*I.F. Karimov, E.P. Miroshnikova, M.S. Miroshnikova, V.A. Antipov*

Orenburg State University, Russia, 460018, Orenburg, Pobedy av., 13

\*e-mail: ifkarimov@yandex.ru

**ABSTRACT.** In recent decades, metal nanoparticles have been studied and attempts have been made to use them in various fields of human activity. In the field of microbiology, such agents are often used as biocidal factors that contribute to the elimination of unwanted microflora. This work is devoted to assessing the effect of feed additives based on iron and copper nanoparticles with the addition of oak bark or probiotic preparations on the change in the sensitivity of the intestinal microflora of broilers to antibiotics. It has been shown that metal nanoparticles can lead to an increase in the number of antibiotic-resistant forms of bacteria, which potentially creates a genetic reserve that can be further used by unfavorable microflora.

**KEYWORDS:** nanoparticles, antibiotics, microflora, feed additive.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящий момент одним из популярных направлений развития в сельском хозяйстве является применение кормовых добавок с целью сбалансирования профиля питательных веществ рациона (Dwyer, et al., 2015). Один из вариантов кормовой модификации – использование наноразмерных материалов, что включает в себя наноразмерные порошки для увеличения поглощения питательных веществ; нанокапсулирование нутрицевтиков для лучшего поглощения, повышения стабильности или целевой доставки необходимых компонентов; нанохелаты для более эффективной доставки питательных веществ (Akhavan, et al., 2018). При использовании нанотехнологий безопасность является главной проблемой и должна быть рассмотрена в первую очередь.

Цель работы – изучение действия добавок на основе ультрадисперсных частиц металлов, а также отвара коры дуба и пробиотиков на антибиотикочувствительность бактерий кишечника цыплят-бройлеров.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы цыплята-бройлеры кросса «Arbor Acres Plus» в возрасте от 7–35 дневного возраста. Для эксперимента отобраны 90 голов недельных цыплят-бройлеров, которые методом аналогов разделены на 12 групп ( $n=7$ ). По истечению подготовительного периода (7–14 суток) птица переведена на условия основного учетного периода (15–35 суток). В качестве модифицирующих добавок использованы ультрадисперсные препараты производства ООО «Платина» (Москва, Россия): меди Cu ( $d = 55 \pm \pm 15$  нм; Z-потенциал  $31 \pm 0,1$  мВ;  $S_{\text{пов}} = 9$  м<sup>2</sup>/г) в дозировке 1,7 мг/кг и железа Fe в дозировке 17 мг/кг; про-биотический препарат на основе культуры клеток *Bifidobacterium longum* в составе препарата «Соя-

бифидум» (ООО «НПФ «Экобиос», Оренбург, Россия) с содержанием не менее 10<sup>9</sup> клеток, в дозировке 0,7 мл/кг корма; отвар коры дуба (*Quercus cortex*) в дозировке 2 мг/кг корма.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для фторхинолоновых антибиотиков выявлено понижение чувствительности бактериальных штаммов, полученных от птиц, в рационе которых дополнительно присутствовали наночастицы металлов в комбинации с другими добавками, по сравнению с контрольной группой. Наличие пробиотического штамма не вело к значительному изменению чувствительности бактерий к антимикробным препаратам, однако их сочетание с наночастицами (особенно железа) привело к резкому возрастанию устойчивых форм. Применение в качестве кормовой добавки отвара коры дуба, самостоятельно не проявляющей выраженной активности на изменения профиля антибиотикочувствительности исследуемых культур, в сочетании с пробиотическим штаммом привело к росту штаммов, устойчивых к ампициллину и ципрофлоксацину, а привнесение наночастиц металлов еще больше усилило данный эффект.

## ВЫВОДЫ

Результаты исследования демонстрируют, что использование кормовых добавок, в первую очередь на основе наночастиц металлов, а также их комбинаций с другими препаратами, способно в значительной степени повлиять на особенности микробиоты кишечника животных и птиц, привести к изменению их физиологической активности и адаптационных возможностей, что потенциально может отразиться на состоянии макроорганизма.

### Список литературы / References

1. Akhavan S., Assadpour E., Katouzian I., Jafari S.M. Lipid nano scale cargos for the protection and delivery of food bioactive ingredients and nutraceuticals. Trends in Food Science & Technology. 2018; 74: 132–146.
2. Dwyer J.T., Wiener K.L., Dary O., Keen C.L., King J.C., Miller K.B., Philbert M.A., Tarasuk V., Taylor C.L., Gaine P.C., Jarvis A.B., Bailey R.L. Fortification and health: challenges and opportunities. Adv. Nutr. 2015; 6(1): 124–131.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-19

## ВЛИЯНИЕ ГЛУТАТИОН-СОДЕРЖАЩИХ ДИНИТРОЗИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЖЕЛЕЗА НА ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ КРОВИ КРЫС

*А.К. Мартусевич, А.Г. Соловьева, Л.К. Ковалева*

Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Россия  
Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

**РЕЗЮМЕ.** Изучали влияние динитрозильных комплексов железа (ДНКЖ) с глутатионовыми лигандами на параметры окислительного метаболизма крови крыс. Сопоставляли интенсивность липопероксидации, антиоксидантную активность и уровень малонового диальдегида в плазме крови крыс, получавших курс внутривентральных инъекций физиологического раствора и раствора ДНКЖ (0,15; 0,30; 0,45 и 0,60 мМ). Показано наличие у ДНКЖ антиоксидантного эффекта, причем его выраженность демонстрирует нелинейную зависимость от их дозы с оптимумом в диапазоне 0,3–0,45 мМ.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** кровь, окислительный метаболизм, динитрозильные комплексы железа.

## THE INFLUENCE OF GLUTATHIONE-CONTAINING DINITROSYL IRON COMPLEXES ON BLOOD OXIDATIVE METABOLISM IN RATS

*A.K. Martusevich, A.G. Soloveva, L.K. Kovaleva*

Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia  
Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

**ABSTRACT.** We studied the influence of dinitrosyl iron complexes (DNIC) on oxidative metabolism in rats' blood. The intensity of lipid peroxidation, antioxidant activity and malonic dialdehyde level were estimated in blood samples from



---

rats, treating with injections of saline (control) or saline with 0.15; 0.30; 0.45 and 0.60 mM of DNIC. Our results demonstrated that DNIC has antioxidant properties. This effect is dose-dependent with optimum in 0.3–0.45 mM.

KEYWORDS: blood, oxidative metabolism, dinitrosyl iron complexes.

## ВВЕДЕНИЕ

Биологические эффекты экзогенных динитрозильных комплексов железа (ДНКЖ) с различными лигандами раскрыты недостаточно подробно. Наши экспериментальные данные, полученные в исследованиях *in vivo* (Мартусевич и др., 2015), а также сведения, опубликованные другими авторами (Vanin et al., 2009), дают основание предполагать наличие у динитрозильных комплексов железа антиоксидантных свойств.

Цель работы – изучение дозозависимости действия экзогенных ДНКЖ на параметры окислительно-го метаболизма крови крыс.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперимент выполнен на 60 крысах-самцах Вистар, разделенных на 6 равных по численности групп. Первая группа животных была интактной. Крысам, включенным в остальные группы, в течение 10 дней ежедневно осуществляли внутрибрюшинное введение 1 мл 0,9%-ного раствора хлорида натрия. При этом животным третьей-шестой групп во вводимый раствор добавляли ДНКЖ (концентрация – 0,15; 0,30; 0,45 и 0,60 mM соответственно). Динитрозильные комплексы железа синтезировали по методике Ванина (2009). В плазме крови крыс методом  $\text{Fe}^{2+}$ -индуцированной биохемилюминесценции (аппарат БХЛ-06) изучали активность про- и антиоксидантных систем. Уровень малонового диальдегида (МДА) в плазме крови оценивали по методу Сидоркина, Чулошниковой (1993). Результаты исследования были обработаны в программном пакете Statistica 6.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что интенсивность липопероксидации демонстрировала выраженную, но нелинейную зависимость от концентрации вводимых ДНКЖ. Так, при введении животным минимальной дозы соединения (1 мл 0,15 mM раствора) не наблюдали отклонений показателя. В случае увеличения концентрации вещества в растворе (0,3 mM и выше) отмечали снижение интенсивности процессов липопероксидации, достигающее минимума при проведении курса инфузий 0,45 mM раствора ДНКЖ ( $p < 0,05$ ). Дальнейшее увеличение дозы донора NO оказывает менее выраженное действие на уровень параметра.

Не наблюдали существенных сдвигов общей антиоксидантной активности плазмы крови у крыс, получавших инфузии только физиологического раствора, тогда как при добавлении в него ДНКЖ в любой из изученных концентраций отмечали нарастание значения параметра. В наименьшей степени данная тенденция была выражена для минимальной дозы соединения (0,15 mM). В диапазоне 0,15–0,45 mM ДНКЖ регистрировали прогрессивное увеличение антиоксидантной активности плазмы: для концентраций 0,15; 0,30 и 0,45 mM оно составило 1,08; 1,24 и 1,31 раза соответственно ( $p < 0,1$  – для наименьшей концентрации и  $p < 0,05$  – для остальных). Дальнейшее нарастание количества соединения (до 0,6 mM) обеспечивало обратный эффект: общая антиоксидантная активность в этом случае возрастала лишь на 13% ( $p < 0,05$ ).

Введение средней концентрации соединения (до 0,3 mM) снижает уровень МДА в плазме крови (–14%;  $p < 0,05$ ) по сравнению со здоровыми особями. Аналогичная динамика отмечена и при использовании концентрации 0,45 mM (–12%;  $p < 0,05$ ). При этом дальнейшее увеличение дозы ДНКЖ (до 4-кратной минимальной) способствовало менее выраженному падению уровня изучаемого метаболита (–7%;  $p < 0,05$ ).

## ВЫВОДЫ

Исследования свидетельствуют о наличии антиоксидантного эффекта у глутатион-содержащих ДНКЖ, причем выраженность этих свойств демонстрирует нелинейную зависимость от их дозы с оптимумом в диапазоне 0,3–0,45 mM.

## Список литературы / References

1. Мартусевич А.К., Соловьева А.Г., Давыдюк А.В., Перетягин С.П. Влияние динитрозильных комплексов железа на параметры окислительного метаболизма при экспериментальной термической травме. Экспериментальная и клиническая фармакология. 2015; 78 (7): 15–19 (Martusevich A.K., Solov'eva A.G., Davydyuk A.V., Peretjagin S.P. Vlijanie dinitrozil'nyh kompleksov zheleza na paramet-ry okislitel'nogo metabolizma pri jeksperimental'noj termicheskoj travme. Jeksperimental'naja i klinicheskaja farmako-logija. 2015; 78 (7): 15–19).
2. Vanin A.F. Dinitrosyl-iron complexes with thiolate ligands: physico-chemistry, biochemistry and physiology. Nitric Oxide Biol. Chem. 2009; 21: 136–149.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-20

## ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ 2-ГО ТИПА

**О.В. Маршинская<sup>1,2\*</sup>, Т.В. Казакова<sup>1,2</sup>, С.В. Нотова<sup>1,2</sup>, М.К. Молчанов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, г. Оренбург, Россия

<sup>2</sup> Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

<sup>3</sup> Стоматологическая клиника ООО «Максидент», г. Оренбург, Россия

\*e-mail: m.olja2013@yandex.ru

**РЕЗЮМЕ.** В течение более десяти лет наблюдается растущий интерес к роли микроэлементов в развитии и прогрессировании сахарного диабета. Дисбаланс элементов в организме может служить одним из пусковых механизмов развития патологических расстройств, ответственных за возникновение нарушений обмена и связанных с ним заболеваний. В связи с этим целью исследования было оценить изменения уровня макро- и микроэлементов в сыворотке крови у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа. В исследовании приняли участие мужчины, средний возраст которых составлял 60 лет ( $n=50$ ). Оценка элементного статуса осуществлялась посредством изучения химического состава волос методами ИСП-АЭС и ИСП-МС в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва). Для подтверждения данных анамнеза было проведено исследование показателей глюкозы и гликированного гемоглобина. Наблюдалась тенденция к более низкому уровню Ca, Fe, I, Co, Cr и более высокому уровню Se у пациентов с сахарным диабетом.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** микроэлементы, сахарный диабет 2-го типа.

## CHANGES IN THE CONTENT OF MACRO-AND TRACE ELEMENTS IN TYPE 2 DIABETES MELLITUS

**O.V. Marshinskaia<sup>1,2\*</sup>, T.V. Kazakova<sup>1,2</sup>, S.V. Notova<sup>1,2</sup>, M.K. Molchanov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies RAS, Orenburg, Russia

<sup>2</sup> Orenburg State University, Orenburg, Russia

<sup>3</sup> Dental clinic «Maxident», Orenburg, Russia

\*e-mail: m.olja2013@yandex.ru

**ABSTRACT.** For more than a decade, there has been a growing interest in the role of trace elements in the development and progression of diabetes. The imbalance of elements in the body can serve as one of the triggers for the development of pathological disorders responsible for the occurrence of metabolic disorders and associated diseases. In this regard, the aim of the study was to evaluate changes in the level of macro- and microelements in the blood serum of patients with type 2 diabetes mellitus. The study involved men with an average age of 60 years ( $n=50$ ). The assessment of the elemental status was carried out by studying the chemical composition of the hair using the methods of ICP-NPP and ICP-MS in the laboratory of the ANO "Center for Biotic Medicine" in Moscow. To confirm the anamnesis data, a study of glucose and glycated hemoglobin parameters was performed. There was a tendency for lower levels of Ca, Fe, I, Co, Cr and higher levels of Se in patients with diabetes mellitus.

**KEYWORDS:** trace elements, type 2 diabetes mellitus.

## ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие наблюдается растущий интерес к роли микроэлементов в развитии и прогрессировании сахарного диабета 2-го типа (Król, et al., 2019). Дисбаланс элементов в организме может слу-

---

жить одним из пусковых механизмов развития патологических расстройств, ответственных за возникновение нарушений обмена и связанных с ним заболеваний (Dubey, Thakur, 2020).

Цель работы – оценка изменения уровня макро- и микроэлементов в сыворотке крови у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие мужчины, средний возраст которых составлял 60 лет ( $n=50$ ). В ходе исследования было сформировано две группы: контрольная (условно здоровые пациенты,  $n=15$ ) и основная (пациенты с сахарным диабетом в анамнезе,  $n=35$ ). Оценка элементного статуса осуществлялась посредством изучения химического состава сыворотки крови методами ИСП-АЭС и ИСП-МС в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва). Для подтверждения данных анамнеза было проведено исследование показателей глюкозы и гликированного гемоглобина. Обработка полученных данных выполнялась при помощи методов вариационной статистики с использованием статистического пакета «StatSoft STATISTICA 10». Применялись непараметрические процедуры обработки статистических совокупностей ( $U$ -критерий Манна–Уитни).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показатели глюкозы натощак и гликированного гемоглобина составляли 5,0 ммоль/л и 5,4% в контрольной группе и 9,5 ммоль/л и 8,3% – в основной группе. По ряду клинических и лабораторных характеристик было установлено, что в группе с сахарным диабетом 2-го типа наблюдалось достоверное увеличение индекса массы тела на 16,5% ( $p<0,01$ ), частота встречаемости артериальной гипертензии на 208% ( $p<0,01$ ), триглицеридов на 57,8% ( $p<0,05$ ).

Выявлено, что изучаемые микроэлементы сыворотки крови находились в пределах нормальных значений, исключение составил Co, уровень которого отмечен ниже нормальных значений ( $p<0,05$ ) в группе пациентов с сахарным диабетом. Уровни Fe и I были достоверно ниже в основной группе относительно контрольной на 19% ( $p<0,05$ ) и 12,3% ( $p<0,05$ ) соответственно. Наблюдалась тенденция к более низким значениям Ca, Cr и более высоким значениям Se в группе пациентов с сахарным диабетом.

## ВЫВОДЫ

Полученные результаты согласуются с данными других исследований, подтверждающими, что химические элементы могут играть значительную роль в развитии диабетических состояний и прогрессировании ряда метаболических осложнений (Siddiqui et al., 2014; Zhang et al., 2017).

Тем не менее требуются комплексные исследования, необходимые для выяснения четкой взаимосвязи между нарушениями метаболизма глюкозы и уровнями содержания микроэлементов.

## Список литературы / References

1. Król E., Bogdański P., Suliburska J., Krejpcio Z. The Relationship between Dietary, Serum and Hair Levels of Minerals (Fe, Zn, Cu) and Glucose Metabolism Indices in Obese Type 2 Diabetic Patients. *Biol Trace Elem Res.* 2019; 189(1): 34–44.
2. Dubey P., Thakur V., Chattopadhyay M. Role of Minerals and Trace Elements in Diabetes and Insulin Resistance. *Nutrients.* 2020; 12(6): 1864.
3. Zhang H., Yan C., Yang Z., Zhang W., Niu Y., Li X., Qin L., Su Q. Alterations of serum trace elements in patients with type 2 diabetes. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology.* 2017; 40: 91–96.
4. Siddiqui K., Bawazeer N., Joy S.S. Variation in Macro and Trace Elements in Progression of Type 2 Diabetes. *Scientific World Journal.* 2014; 2014: 461591.

## ВЛИЯНИЕ ПАССИВНОГО КУРЕНИЯ НА МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС АМНИОТИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

**О.В. Маршинская<sup>1,2\*</sup>, Т.В. Казакова<sup>1,2</sup>, С.В. Нотова<sup>1,2</sup>, Л.В. Лизурчик<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup> Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, г. Оренбург, Россия

<sup>2</sup> Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

<sup>3</sup> ГАУЗ ООКБ №2 Перинатальный Центр, г. Оренбург, Россия

\*e-mail: m.olja2013@yandex.ru

**РЕЗЮМЕ.** Микроэлементы являются компонентами многочисленных регуляторных ферментов и гормонов, необходимых для деления и дифференцировки клеток плода и их дальнейшего развития. В связи с этим целью исследования явилось изучение влияния пассивного курения на микроэлементный статус амниотической жидкости. Для проведения эксперимента было отобрано 40 половозрелых самок крыс Wistar, из которых сформированы две группы (контрольная и опытная). Животные опытной группы подвергались воздействию пассивного курения, контрольную группу составили интактные животные. Оценка элементного статуса осуществлялась посредством изучения химического состава амниотической жидкости методами ИСП-АЭС и ИСП-МС в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва). Установлено, что воздействие табачной интоксикации оказало влияние на содержание микроэлементов амниотической жидкости. Концентрации Ca, Fe и P в амниотической жидкости животных опытной группы были достоверно ниже, содержания данных элементов у крыс контрольной группы на 20,9, 74,2 и 60,9% соответственно.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** микроэлементы, пассивное курение, амниотическая жидкость.

## THE INFLUENCE OF PASSIVE SMOKING ON THE MICROELEMENT STATUS OF THE AMNIOTIC FLUID IN THE EXPERIMENT

**O.V. Marshinskaia<sup>1,2\*</sup>, T.V. Kazakova<sup>1,2</sup>, S.V. Notova<sup>1,2</sup>, L.V. Lizyorchik<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup> Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies RAS, Orenburg, Russia

<sup>2</sup> Orenburg State University, Orenburg, Russia

<sup>3</sup> Regional Clinical Hospital №2 Perinatal Centre, Orenburg, Russia

\*e-mail: m.olja2013@yandex.ru

**ABSTRACT.** Trace elements are components of numerous regulatory enzymes and hormones necessary for the division and differentiation of fetal cells and their further development. In this regard, the aim of the study was to study the effect of passive smoking on the microelement status of amniotic fluid. For the experiment, 40 mature females of the Wistar line were selected, of which 2 groups were formed (control and experimental). The animals of the experimental group were exposed to passive smoking, the control group consisted of intact animals. The elemental status was assessed by studying the chemical composition of the amniotic fluid using the ICP-AES and ICP-MS methods in the laboratory of the ANO "Center for Biotic Medicine", Moscow. The study found that exposure to tobacco intoxication had an effect on the content of trace elements in the amniotic fluid. The concentration of Ca, Fe, and P in the amniotic fluid of the experimental animals was significantly lower by 20.9%, 74.2%, and 60.9%, respectively.

**KEYWORDS:** trace elements, passive smoking, amniotic fluid.

## ВВЕДЕНИЕ

Табакокурение в настоящее время является одной из наиболее распространенных в мире привычек, наносящих вред здоровью человека и обществу в целом (Wang et al., 2018). Под действием никотина происходят нарушения ряда обменных процессов в организме, в том числе и минерального обмена, ведущего к дисбалансу биоэлементов и, как следствие, к развитию различных патологий. Амниотическая жидкость является биологически активной средой, окружающей плод, что обеспечивает нормальное функционирование системы мать-плацента-плод (Kosylowski et al., 2019). В амниотической жидкости накапливаются продукты обмена веществ плода, кислород и углекислый газ, гормоны и ферменты (Jacob et al., 2017). Микроэлементы являются компонентами многочисленных регуляторных ферментов и гормонов, необходимых для деления и дифференцировки клеток плода и их дальнейшего развития.

---

Цель исследования – изучение влияния пассивного курения на микроэлементный статус амниотической жидкости.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения эксперимента было отобрано 20 половозрелых самок крыс Wistar из которых сформированы две группы (контрольная и опытная). Контрольная группа на протяжении всего эксперимента ежедневно находилась в течение 30 мин 2 раза в день в затравочной камере при отсутствии табачного дыма. Животные опытной группы находились в равных условиях при ежедневном 30-минутном воздействии табачного дыма в затравочной камере 2 раза в день. Каждое животное получало 0,048 мг никотина в день. Оценка элементного статуса осуществлялась посредством изучения химического состава амниотической жидкости методами ИСП-АЭС и ИСП-МС в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва). Обработку полученных данных проводили при помощи методов вариационной статистики с использованием статистического пакета «StatSoft STATISTICA 10». Применялись непараметрические процедуры обработки статистических совокупностей (*U*-критерий Манна–Уитни).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Важным показателем обмена веществ между матерью и плодом является изучение минерального обмена. В проведенном эксперименте концентрации Ca, Fe и P в амниотической жидкости животных опытной группы были ниже на 20,9, 74,2 ( $p \leq 0,01$ ) и 60,9% ( $p \leq 0,05$ ) соответственно. Железо является необходимым микроэлементом для построения гемоглобина и миоглобина и является неотъемлемой частью цитохромов и окислительно-восстановительных ферментов. Снижение железа, наряду с кальцием и фосфором, может свидетельствовать о недостаточной функции плаценты.

### ВЫВОДЫ

Амниотическая жидкость демонстрирует неоднозначную ответную реакцию организма на воздействие негативных внешних факторов, в частности табачной интоксикации на систему «мать-плод». Полученные данные косвенно свидетельствуют о токсическом воздействии изучаемого фактора, который может привести к плацентарной недостаточности, гипотрофии и незрелости внутриутробного развития организма плодов.

### Список литературы / References

1. Wang B., Zhu Y., Pang Y., Xie J., Hao Y., Yan H., Li Z., Ye R. Indoor air pollution affects hypertension risk in rural women in Northern China by interfering with the uptake of metal elements: A preliminary cross-sectional study. *Environmental Pollution*. 2018; 240: 267–272.
2. Kocylowski R., Grzesiak M., Gaj Z., Lorenc W., Bakinowska E., Baralkiewicz D., von Kaisenberg C.S., Lamers Y., Suliburska J. Associations between the Level of Trace Elements and Minerals and Folate in Maternal Serum and Amniotic Fluid and Congenital Abnormalities. *Nutrients*. 2019; 11(2): 328.
3. Jacob N., Golmard J.L., Berlin I. Fetal exposure to tobacco: nicotine and cotinine concentration in amniotic fluid and maternal saliva. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2017; 30(2): 233-239.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-22

## ОБОГАЩЕНИЕ ПРОДУКТОВ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА БИОЭЛЕМЕНТАМИ

**П.В. Медведев, В.А. Федотов\***

Оренбургский государственный университет, 460013 г. Оренбург, пр. Победы 13

\*e-mail: vital\_asm@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** Проведено исследование качества дрожжевых полуфабрикатов, приготовляемых с использованием солевых растворов наиболее дефицитных для человека биоэлементов. Жизнеспособность дрожжей из семейства сахаромикетов *Saccharomyces cerevisiae* оценивали по показателю подъемной силы (контроль  $50 \pm 2$  мин при тем-

пературе  $35 \pm 2$  °C). Замена в тестовых образцах ( $n=30$ ) поваренной соли (2,5% NaCl) на сульфаты меди, цинка (ХЧ Cu, Zn) эквимольной концентрации (0,42 моль/л) приводила к снижению подъемной силы не более чем на 5%, на сульфат марганца (ХЧ Mn) – не более чем на 9,5% ( $p<0,05$ ). Это не приводит к несоответствию качества дрожжевых полуфабрикатов нормативной документации. Дальнейшее увеличение концентрации меди, цинка и марганца вызывает существенное торможение жизнедеятельности дрожжей: при 1,5-кратном увеличении – Cu на 12,5%, Zn на 9,5%, Mn на 15%; при 2-кратном увеличении – Cu на 18,5%, Zn на 15%, Mn на 28,5%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: биоэлементы, дрожжи, обогащение, хлеб.

## ENRICHMENT OF BAKERY PRODUCTS WITH BIOELEMENTS

*P.V. Medvedev, V.A. Fedotov\**

Orenburg State University, 460013, Orenburg, Pr. Pobedy 13

\*e-mail: vital\_asm@mail.ru

**ABSTRACT.** A study of the quality of yeast semi-finished products prepared using salt solutions of the most deficient bioelements for humans was conducted. The viability of yeast from the *Saccharomyces cerevisiae* family of *Saccharomyces* was evaluated by the lift index (control  $50 \pm 2$  min at a temperature of  $35 \pm 2$  °C). The replacement of table salt (2.5% NaCl) in the test samples ( $n=30$ ) with copper and zinc sulfates (Cu, Zn) of equimolar concentration (0.42 mol/l) led to a decrease in the lifting force of no more than 5%, and manganese sulfate (Mn) of no more than 9.5% ( $p<0.05$ ). This does not lead to non-compliance of the quality of yeast semi-finished products with the regulatory documentation. A further increase in the concentration of copper, zinc and manganese causes a significant inhibition of the vital activity of yeast. With a 1.5-fold increase of Cu by 12.5%, Zn by 9.5%, Mn by 15%. With a 2-fold increase of Cu by 18.5%, Zn by 15%, Mn by 28.5%.

**KEYWORDS:** bioelements, yeast, fortification, bread.

## ВВЕДЕНИЕ

Традиционно для подкормки дрожжевых культур используют соли аммиака, которые легко ими потребляются, и аминокислоты как продукты гидролиза белка пептазами (Chung, et al. 2003). Помимо этого, для нормального метаболизма необходимы микроэлементы, которыми часто пренебрегают, поскольку они требуются в незначительных количествах. Однако насыщение полуфабрикатов хлебопекарного производства (опары, закваски) микроэлементами может служить одним из путей обогащения ими производимой продукции – хлеба и хлебобулочных изделий (Maningat, et al. 2009). Анализ источников литературы выявил, что на территории Российской Федерации приоритетна проблема дефицита меди, цинка, марганца (Kozub, et al. 2009).

Цель работы – изучить возможности обогащения полуфабрикатов хлебопекарного производства биоэлементами в процессе культивации дрожжевых культур.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом служили прессованные дрожжи из семейства сахаромикетов *Saccharomyces cerevisiae* с влажностью не более  $75 \pm 1\%$ , подъемная сила – не более  $50 \pm 2$  мин. Изучаемые элементы вводились в виде растворов сульфатов меди, цинка, марганца (ХЧ Cu, Zn, Mn). Все вещества хорошо растворимы в воде, образуют с ней кристаллогидраты. Жизнеспособность дрожжей оценивали по показателю «подъемная сила». Подъемную силу определяли по продолжительности, в минутах, с момента опускания тестового образца в емкость до его всплытия, умножали на коэффициент 3,5 (при температуре  $35 \pm 2$  °C). Для оценки воздействия солей биоэлементов на жизнестойкость дрожжей поваренную соль (хлористый натрий) в тесте заменяли количеством солей меди, цинка, марганца с той же молярной концентрацией (эквимольное количество) или превышающей эту концентрацию в 1,5 и 2 раза ( $n=30$ ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценивали развитие дрожжей на питательной среде с добавкой солей меди, цинка, марганца. Использование солей меди и цинка при их концентрации, эквимольной натрию хлориду (0,42 моль/л), что соответствует массовой доле NaCl в тестовом образце 2,5%, не вызывает ухудшения подъемной силы дрожжей, приводящей к несоответствию качества полуфабрикатов нормативной документации (сниже-

ние подъемной силы не более 5%). Использование солей марганца той же концентрации снижает подъемную силу на 9,5% ( $p<0,05$ ). При дальнейшем повышении дозировки солей наблюдалось угнетение роста дрожжевой культуры. Существенное торможение жизнедеятельности дрожжей вызывает 1,5-кратное увеличение эквивалентной концентрации Cu – подъемная сила снижается на 12,5%, Zn – на 9,5%, Mn – на 15% ( $p<0,05$ ), при 2-кратном увеличении: Cu – на 18,5%, Zn – на 15%, Mn – на 28,5% ( $p<0,05$ ).

## ВЫВОДЫ

Проведенные исследования доказывают возможность использования биоэлементов для обогащения продукции хлебопекарного производства при соблюдении соответствующих дозировок солей этих биоэлементов, существенно не нарушающих процесс культивации дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae* в хлебопекарных полуфабрикатах.

## Список литературы / References

1. Chung O.K., Ohm J.B., Lookhart G.L., Bruns R.F. Quality characteristics of hard winter and spring wheats grown under an overwintering condition. J. Cereal Sci. 2003, 37: 91–99.
2. Kozub N.A., Sozinov I.A., Sobko T.A., Sozinov A.A. Variation at storage protein loci in winter common wheat cultivars of the Central Forest-Steppe of Ukraine. Cyt. Genetics. 2009, 43: 69–77.
3. Maningat C.C., Seib P.A., Bassi S.D., Woo K.S., Lasater G.D. Wheat starch: production, properties, modification, and uses. Starch Chem. Technol. 2009, 441–510.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-23

## ВЛИЯНИЕ БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ В СТРУКТУРЕ РАЦИОНА КАРПА НА СТРУКТУРУ МИКРОБИОМА КИШЕЧНИКА И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС

**Е.П. Мирошникова\*, А.Н. Сизенцов, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Килякова**

Оренбургский государственный университет, 460013, г. Оренбург, пр. Победы, 13

\*e-mail: elenaakva@rambler.ru

**РЕЗЮМЕ.** Активное использование стимуляторов роста в системе промышленного откорма сельскохозяйственных и промысловых животных является одной из ключевых позиций экономически успешного развития сельскохозяйственной и пищевой промышленности. В рамках проводимого исследования взаимосвязи между структурным распределением микробиома и степенью усвоения микро- и макроэлементов получены достоверно значимые результаты, свидетельствующие о негативном влиянии антибиотического (ципрофлоксацина гидрохлорид) и биотического (соя-бифидум) компонента корма на микробиом и общий уровень минерализации организма исследуемых рыб. Гипотетически полученные результаты свидетельствуют о наличии выраженной конкуренции представителей транзитной микрофлоры за биогенные элементы и, как следствие, снижение референтных значений исследуемых элементов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** пробиотик, антибиотик, микробиом, элементный статус, микроэлементы, макроэлементы.

## INFLUENCE OF BIOTIC AND ABIOTIC COMPONENTS IN THE STRUCTURE OF THE CARP DIET ON THE STRUCTURE OF THE INTESTINAL MICROBIOME AND ELEMENTAL STATUS

**E.P. Miroshnikova\*, A.N. Sizentsov, A.E. Arinzhanov, Yu.V. Kilyakova**

Orenburg State University, 460013, Orenburg, Pr. Pobedy 13

\*e-mail: elenaakva@rambler.ru

**ABSTRACT.** The active use of growth stimulants in the system of industrial feeding of agricultural and commercial animals is one of the key positions of the economically successful development of the agricultural and food industry. As part of the study of the relationship between the structural distribution of the microbiome and the degree of assimilation of micro and macroelements, we obtained reliably significant results indicating the negative effect of the antibiotic (ciproflox-

acin hydrochloride) and biotic (soybean bifidum) components of the feed on the microbiome and the general level of mineralization of the organism of the studied fish. Hypothetically, the results obtained indicate the presence of a pronounced competition of representatives of the transient microflora for biogenic elements and, as a consequence, a decrease in the reference values of the studied elements.

KEYWORDS: probiotic, antibiotic, microbiome, elemental status, trace elements, macroelements.

## ВВЕДЕНИЕ

Важным фактором экономически успешного развития сельскохозяйственной и пищевой промышленности является активное использование стимуляторов роста в системе промышленного откорма сельскохозяйственных и промысловых животных.

Цель работы – исследование влияния биотических и абиотических компонентов в структуре рациона карпа на структуру микробиома кишечника и элементный статус.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на модели годовиков карпов из которых сформировали три группы-аналогов ( $n=20$ ). После подготовительного периода (7 суток) группы были переведены на условия учетного периода (35 суток). В опытных группах в качестве кормовых добавок использовали:  $O_1$  – основной рацион (ОР) + пробиотический препарат соя-бифидум (0,7 мл/кг корма),  $O_2$  – ОР + антибиотик ципрофлоксацина гидрохлорид (100 мг/кг корма).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Микробиом активно участвует в метаболических процессах, обеспечивающих организм хозяина не только необходимыми питательными веществами, но и биологически доступными формами микро- и макроэлементов (Пешков и др., 2015). Так, в ходе выполнения экспериментальных исследований установлено, что введение в рацион пробиотического препарата на основе представителя рода *Bifidobacterium* существенно снижает общий уровень минерализации организма, что на наш взгляд обусловлено высоким уровнем конкуренции нетипичного представителя для микробиома кишечника за ключевые макроэлементы (Ca, K, Mg, Na, P). Однако следует отметить наличие положительной динамики увеличения концентрации отдельных эссенциальных элементов (Cu, Co, Fe, Mn) по отношению к контрольной группе (таблица).

**Таблица. Химический состав и содержание эссенциальных микроэлементов в теле рыб на фоне применения экстракта *Quercus cortex*, мкг/гол**

Элемент	Группа		
	Контроль	$O_1$	$O_2$
Cr	$0,56 \pm 0,067$	$0,47 \pm 0,06$	$0,42 \pm 0,05$
Cu	$0,66 \pm 0,079$	$0,72 \pm 0,09$	$0,60 \pm 0,07$
Co	$0,01 \pm 0,002$	$0,02 \pm 0,003$	$0,01 \pm 0,002$
Fe	$37,24 \pm 3,72$	$176,00 \pm 48,00^*$	$36,51 \pm 3,65$
I	$1,28 \pm 0,13$	$0,40 \pm 0,05^{***}$	$0,43 \pm 0,05^{***}$
Mn	$0,53 \pm 0,06$	$1,26 \pm 0,13^{***}$	$0,45 \pm 0,05$
Se	$0,13 \pm 0,02$	$0,07 \pm 0,011^*$	$0,09 \pm 0,01$
Zn	$64,04 \pm 6,4,0$	$54,42 \pm 5,44$	$56,79 \pm 5,68$

П р и м е ч а н и е : \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$ , по отношению к контрольным значениям.



---

## ВЫВОДЫ

Использование антибактериальных препаратов в рационе негативно сказывается не только на общем уровне минерализации по отношению к контрольным значениям (снижение на 21,88%), но и на формировании физиологически значимого элементного статуса, характеризующегося снижением уровня всех исследуемых элементов. Вероятно, это обусловлено структурным изменением видового состава нормофлоры в сторону процентного увеличения транзиторных представителей по отношению к основным классифицированным видам в общей биомассе микробиома. Вследствие такого изменения формируется высокий уровень конкуренции за физиологически значимые биогенные элементы (Sizentsov et al., 2021), тем самым снижая их общую биодоступность из пищеварительного тракта.

## Список литературы / References

1. Пешков С.А., Сизенцов А.Н., Никийан А.Н., Кобзев Г.И. Исследование биоаккумуляции тяжелых металлов бактериями рода *Bacillus* с использованием рентгенофлуоресцентного анализа и атомно-силовой микроскопии. Современные проблемы науки и образования. 2015; 4: 526 (Peshkov S.A., Sizencov A.N., Nikijan A.N., Kobzev G.I. Issledovanie bioakkumuljacji tzhazhelyh metallov bakterijami roda *Bacillus* s ispol'zovaniem rentgenofluorescentnogo analiza i atomno-silovoj mikroskopii. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015; 4: 526).
2. Sizentsov A., Davydova O., Nikiyan H., Sizentsov Ya., Barysheva E., Bykov A. Assessment the technology for heavy metal biotoxicity and biosorption by bacterial cells. Biochem. Cell. Arch. 2021; 21(1): 901–906.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-24

## ТОКСИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ТКАНЯХ МОЛОДИ СТЕРЛЯДИ (*ACIPEN SERRUTHENUS*) ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ В РАЦИОН НАНОЧАСТИЦ СПЛАВА Cu-Zn И КУЛЬТУРЫ *BACILLUS SUBTILIS*

Е.П. Мирошникова<sup>1</sup>, А.Е. Аринжанов<sup>1\*</sup>, Ю.В. Киякова<sup>1</sup>, М.С. Мирошникова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Оренбургский государственный университет, 460013 г.Оренбург, пр. Победы 13

\*e-mail: arin.azamat@mail.ru

<sup>2</sup> Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук  
460000, г. Оренбург, ул. 9 Января 29

**РЕЗЮМЕ.** Представлены результаты исследования влияния наночастиц сплава Cu-Zn размером 55±15 нм и культуры *Bacillus subtilis* (пробиотический препарат Ветом 1.1) при включении в рацион молоди стерляди (*Acipen serruthenus*) на обмен токсических элементов. По принципу аналогов было сформировано четыре группы: контрольная и три опытные. В рацион I опытной группы добавляли пробиотический препарат (25 мг/кг корма), рыбам II группы добавляли наночастицы сплава Cu-Zn (2,84 мг/кг корма), рыбам III группы в рацион добавляли пробиотический препарат (25 мг/кг корма) и наночастицы сплава Cu-Zn (2,84 мг/кг корма). Включение в рацион рыб наночастиц и культуры *Bacillus subtilis* как вместе, так и отдельно сопровождается снижением концентрации группы токсических элементов в теле рыб: алюминия, кремния, мышьяка, ртути и свинца. Выявлен синергизм действия пробиотика и наночастиц меди и цинка – совместное включение в рацион приводит к снижению концентрации токсических элементов в организме рыб и к стабилизации обменных процессов, дифференциации клеток и поддержанию антиоксидантного статуса организма рыб.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** наночастицы, микроэлементы, стерлядь, питание, медь, цинк.

## TOXIC ELEMENTS IN JUVENILE STERLET TISSUE (*ACIPEN SERRUTHENUS*) AT THE INCLUSION OF Cu-Zn ALLOY AND *BACILLUS SUBTILIS* CULTURE IN DIET

Е.П. Miroshnikova<sup>1</sup>, А.Е. Arinzhanov<sup>1\*</sup>, Y.V. Kilyakova<sup>1</sup>, M.S. Miroshnikova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Orenburg State University, 460013 Orenburg, Pr. Pobedy 13

\*e-mail: arin.azamat@mail.ru

<sup>2</sup> Federal Research Centre of Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences,  
460000 Orenburg, ul. 9 Yanvarya 29

---

**ABSTRACT.** The article presents the research results of nanoparticles influence of Cu-Zn alloy with size of  $55\pm 15$  nm and *Bacillus subtilis* culture (Vet 1.1 probiotic product) at the inclusion in diet of juvenile sterlet (*Acipenser ruthenus*) on exchange of toxic elements. According to the analogues principle, four groups were formed: control and three test groups. The probiotic product (25 mg/kg feed) was added to the diet of the 1<sup>st</sup> test group, nanoparticles of Cu-Zn alloy (2.84 mg/kg feed) were added to fish of the 2<sup>nd</sup> group, and the probiotic product (25 mg/kg feed) and Cu-Zn alloy nanoparticles (2.84 mg/kg feed) were added to the diet of the 3<sup>rd</sup> group. The inclusion of nanoparticles and *Bacillus subtilis* culture in fish diet both together and separately is accompanied by a decrease in the concentration of the toxic elements group in fish body: aluminum, silicon, arsenic, mercury and lead. Synergism of probiotic action and copper and zinc nanoparticles at simultaneous inclusion in diet is revealed. It leads to the reduction of the toxic elements concentration in fish body and to the stabilization of metabolic processes, the cells differentiation and the antioxidant status maintenance of fish body.

**KEYWORD:** nanoparticles, trace elements, sterlet, nutrition, copper, zinc.

## ВВЕДЕНИЕ

В качестве минеральных добавок для оптимизации состава рационов перспективно использование микроэлементов в наноформе, что объясняется их способностью легко проникать во все органы и ткани организма и стимулировать обменные процессы.

Цель работы – изучение особенностей обмена токсических элементов в тканях молоди стерляди при включении в рацион рыб наночастиц (НЧ) сплава Cu-Zn и культуры *Bacillus subtilis*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на молоди стерляди (*Acipenser ruthenus*), возраст – 7 месяцев; живая масса – 70–90 г. По принципу аналогов были сформированы четыре группы ( $n=15$ ): контрольная – основной рацион (ОР), I опытная – ОР с добавлением пробиотического препарата (25 мг/кг корма), II – ОР с НЧ Cu-Zn (2,84 мг/кг корма), III – ОР с пробиотиком (25 мг/кг корма) и НЧ Cu-Zn (2,84 мг/кг корма). В исследованиях использовали полученные методом плазмохимического синтеза НЧ Cu-Zn (Cu (40%)–Zn (60%)) размером  $55\pm 15$  нм, Z-потенциал  $31\pm 0,1$  мВ,  $S_{уд}=9\pm 0,8$  м<sup>2</sup>/г. В качестве пробиотического препарата использовали Ветом 1.1 (*Bacillus subtilis* ВКПМ В-10641 (DSM 24613),  $1\times 10^9$  КОЕ/г).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Общее содержание токсических элементов в организме рыб контрольной группы составило 0,437 мкмоль/кг, что оказалось выше опытных групп: I – на 23,8%, II на 24,5%, III на 33,2%. Включение пробиотика в рацион привело к достоверному снижению Al (3,91 мкг/г) в организме на 50% ( $p\leq 0,05$ ), Hg (0,01 мкг/г) на 57,6 % ( $p\leq 0,05$ ), As (0,28 мкг/г) на 65,8% ( $p\leq 0,05$ ) относительно контроля. Введение в рацион НЧ сплава Cu-Zn предполагало антагонистическое взаимодействие между элементами из-за конкуренции за общие транспортеры металлов в кишечнике (Ranganathan et al., 2011) и повышение уровня токсических элементов, но введение НЧ сопровождалось снижением As (0,28 мкг/г) на 41,5% ( $p\leq 0,05$ ), Al (1,94 мкг/г) на 79% ( $p\leq 0,001$ ), Hg (0,01 мкг/г) на 50,0% ( $p\leq 0,05$ ) по отношению к контролю. При совместном включении в рацион *Bacillus subtilis* и НЧ также зафиксировано достоверное снижение Al (1,56 мкг/г) в организме на 83,1% ( $p\leq 0,05$ ), Hg (0,01 мкг/г) на 57,6% ( $p\leq 0,05$ ), As (0,46 мкг/г) на 43,9% ( $p\leq 0,05$ ) относительно контроля. Поступление в организм Cu и Zn в наноформе предполагало снижение уровня Cd во II и III опытных группах, так как Cu и Zn способствуют образованию металлотионинов, участвующих в выведении Cd из организма, но такую картину наблюдали только при сочетанном использовании НЧ и пробиотика.

## ВЫВОДЫ

Сочетанное включение в рацион молоди стерляди НЧ сплава Cu-Zn и культуры *Bacillus subtilis* способствует снижению концентрации токсических элементов в организме, что объясняется синергизмом действия данных препаратов и приводит к стабилизации обменных процессов, дифференциации клеток и поддержании антиоксидантного статуса организма.

---

## Список литературы / References

1. Ranganathan P.N., Lu Y., Jiang L., Kim C., Collins J.F. Serum ceruloplasmin protein expression and activity increases in Iron-deficient rats and is further enhanced by higher dietary copper intake. Blood. 2011; 118(11): 3146–3153.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-25

## ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО ДИСБАЛАНСА У ПОДРОСТКОВ РАЗНЫХ ЭТНИЧЕСКИХ ГРУПП ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

*А.О. Нестеренко<sup>1\*</sup>, Г.П. Евсеева<sup>2</sup>, Е.Д. Целых<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г. Хабаровск, Россия

<sup>2</sup> Хабаровский филиал Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыхания –  
НИИ охраны материнства и детства, г. Хабаровск, Россия

\*e-mail: alenushka\_3@inbox.ru

**РЕЗЮМЕ.** Проведено обследование подростков: нивхов, эвенов и русских. Выявлен элементный дисбаланс в сыворотке крови и волосах. Показана зависимость элементного состава биосубстратов от питания, территории, высокого содержания тория (Th) и урана (U) в организме.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** подростки, микроэлементы, волосы, сыворотка крови, нивхи, эвены.

## STUDY OF THE FACTORS OF THE FORMATION OF ELEMENTAL IMBALANCE IN THE BODY OF ADOLESCENTS OF DIFFERENT ETHNIC GROUPS IN Khabarovsk Territory

*A.O. Nesterenko<sup>1\*</sup>, G.P. Evseeva<sup>2</sup>, E.D. Tselykh<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, Russia

<sup>2</sup> Khabarovsk Branch of the Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration –  
Research Institute of Maternity and Childhood Protection

\* e-mail: alenushka\_3@inbox.ru

**ABSTRACT.** Adolescents of the Nivkhs, Evens and Russian nationalities were examined. Elemental imbalance was revealed in the blood serum and the hair. We found that the elemental composition of biosubstrates depends on nutrition, territory, high content of Th and U in the body.

**KEYWORDS:** adolescents, trace elements, hair, blood serum, Nivkhs, Evens.

## ВВЕДЕНИЕ

В периоды полового созревания подростки становятся чувствительными к дисбалансу микроэлементов в организме. Роль микроэлементов активно изучается, однако исследований по биологической роли урана и тория в организме представлено недостаточно.

Цель работы – выявить особенности формирования элементного дисбаланса в сыворотке крови и волосах подростков разных этнических групп Хабаровского края.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследованные подростки были разделены на четыре группы ( $n=121$ ), возраст –  $14,8 \pm 0,5$  лет: нивхи, эвены и русские в Николаевском и Охотском районах. Содержание Cu, Mo, Co, Th и U в сыворотке крови и волосах определено методом атомно-эмиссионной спектроскопии (ICP-MS Elan 9000, Канада). Элементный состав питания изучен с помощью анкетирования. Статистический анализ проведен с использованием стандартных методов вариационной статистики.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ элементного состава сыворотки крови нивхов и эвенов выявил высокую концентрацию Cu, превышающую норматив в 2,69–1,22 раза соответственно ( $p \leq 0,001$ ), Mo (в 5,49–3,82 раза,  $p \leq 0,001$ ), в то время как в группах русских определен дефицит Cu (ниже норматива в 1,47–1,62 раза,  $p \leq 0,001$ ), Mo (в 1,17–1,35 раза,  $p \leq 0,001$ ). Концентрация Co дефицитна во всех группах, однако в сыворотке крови нивхов и эвенов в 1,20–6,72 раза ниже норматива ( $p \leq 0,001$ ), в то время как в группах русских составила менее

10%. В волосах всех групп выявлен дефицит Cu, Mo, Co ( $p \leq 0,05-0,001$ ). Однако в волосах коренных народов концентрация меди выше по сравнению с русскими в 1,17–1,46 раза, а концентрация Mo выше в 1,5 раза по сравнению с русскими ( $p \leq 0,05$ ). Содержание Co в группах нивхов и эвенов достоверно выше по сравнению с русскими в 1,31–1,67 ( $p \leq 0,001$ ). Выявлены «средние» по силе корреляционные взаимосвязи дефицита Mo ( $r=0,337-0,348$ ) и Co ( $r=0,478-0,367$ ) в рационах питания с уровнем элементов в волосах в группах эвенов и нивхов соответственно и Mo у русских подростков Николаевского района ( $r=0,345$ ). В биосубстратах подростков установлены высокие концентрации Th и U: в сыворотке крови эвенов, превышает нормативы в 2,79–15,16 раза, нивхов в 3,18–3,20 раза соответственно ( $p \leq 0,001$ ). В группах русских подростков концентрация Th и U в сыворотке крови соответствуют верхней границе норматива. Содержание Th в волосах нивхов и эвенов выше по сравнению с русскими в 1,27–2 раза, а U – в 1,35–1,5 раза ( $p \leq 0,001$ ). Этнические различия достоверны ( $p \leq 0,001$ ).

Корреляционный анализ выявил значимые зависимости: в сыворотке крови нивхов и эвенов корреляции Mo и Co с Th составили  $r=0,376-0,480$ , у русских –  $r=-0,568...-0,998$ . В сыворотке крови подростков Охотского района установлена связь U с Cu, Mo, Co: эвены –  $r=0,421-0,512$ , русские –  $r=-0,993...-0,999$ . В волосах выявлены корреляции радиоактивных веществ с Mo и Co: Th/Mo эвены –  $r=-0,450$ , русские –  $r=-0,751$ ; U/Mo эвены –  $r=-0,667$ ; Th/Co нивхи –  $r=-0,717$ , русские –  $r=-0,874$ ; U/Co нивхи и эвены –  $r=-0,436...-0,994$ .

Наблюдается снижение концентраций Co, Cu, Mo, Th, U в волосах русских «с севера на юг». В группе нивхов аккумуляция Co, Th, U в волосах выше, чем в группе эвенов, проживающих севернее ( $p \leq 0,001$ ). Изменения элементного состава биосубстратов, вероятно, обусловлены особенностями биогеохимической провинции и климатическими условиями (дискомфортные условия в Охотском районе и гипокомфортные – в Николаевском), что согласуется с динамикой установленных концентраций микроэлементов.

## ВЫВОДЫ

Во всех обследованных группах установлен элементный дисбаланс. Выявлены этнические различия в накоплении Co, Mo, Th, U в волосах ( $p \leq 0,001$ ) и выраженная аккумуляция в группах коренного населения. На формирование элементного дисбаланса влияют особенности питания, бигеохимические особенности региона проживания.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-26

## ВИДОВОЙ АНАЛИЗ МЕДИ У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ НАКОПЛЕНИЯ СВИНЦА

*С.В. Нотова<sup>1,2</sup>, О.В. Маршинская<sup>1,2\*</sup>, Т.В. Казакова<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН, г. Оренбург, Россия

<sup>2</sup> Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

\*e-mail: m.olja2013@yandex.ru

**РЕЗЮМЕ.** Несмотря на то, что конкретные механизмы оборота металлов у крупного рогатого скота изучены, данные об особенностях связывания меди в сыворотке крови с высокомолекулярными и низкомолекулярными лигандами у жвачных животных не исследованы. Проведена оценка металл-лигандного гомеостаза меди (species analysis) в сыворотке крови молочных коров в зависимости от уровня накопления свинца. Для формирования групп сравнения выделяли животных с низконормальными значениями (концентрация Pb в крови до 25-го перцентиля) и высоконормальными значениями (концентрация Pb в крови выше 75-го перцентиля). В сформированных группах проводили сравнение результатов species analysis. Оценку содержания свинца и анализ форм меди выполняли посредством разделения сыворотки крови на фракции с последующим определением содержания металлов в каждой фракции методом ИСП-МС (on-line режим). В качестве элемент-специфического детектора для определения форм связывания марганца в сыворотке крови использовали ИСП-МС NexION 300D. Полученные данные свидетельствуют о том, что изменение уровня меди даже в диапазоне нормальных значений сопровождается перераспределением меди по различным белковым фракциям.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** микроэлементы, крупный рогатый скот, видовой анализ, медь, свинец.

---

## COPPER SPECIES ANALYSIS IN CATTLE DEPENDING ON THE LEVEL OF LEAD ACCUMULATION

*S.V. Notova<sup>1,2</sup>, O.V. Marshinskaia<sup>1,2\*</sup>, T.V. Kazakova<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies RAS, Orenburg, Russia

<sup>2</sup> Orenburg State University, Orenburg, Russia

\*e-mail: m.olja2013@yandex.ru

**ABSTRACT.** Despite the fact that the specific mechanisms of metal turnover in cattle have been studied, data on the specific binding of iron in blood serum with high-molecular and low-molecular ligands in ruminants have not been studied. For this purpose, the metal-ligand homeostasis of copper (species analysis) in the blood serum of dairy cows was evaluated depending on the level of lead accumulation. To form comparison groups, animals with low-normal values (Pb concentration in the blood up to the 25<sup>th</sup> percentile) and high-normal values (Pb concentration in the blood above the 75<sup>th</sup> percentile) were isolated. In the formed groups, the results of the species analysis were compared. The assessment of the lead content and the analysis of copper forms was performed by dividing the blood serum into fractions, followed by the determination of the metal content in each fraction by the ICP-MS method (on-line mode). The NexION 300D ICP-MS was used as an element-specific detector for determining the forms of manganese binding in blood serum. The obtained data indicate that the change in the Cu level, even in the range of normal values, is accompanied by a redistribution of Cu in different protein fractions.

**KEYWORDS:** trace elements, cattle, species analysis, copper, lead.

### ВВЕДЕНИЕ

Развитие методов аналитической химии привело к пониманию того, что общая концентрация химических элементов не может предоставить полную информацию об их воздействии на живые организмы (Michalke, 2003). Несмотря на то, что конкретные механизмы оборота металлов у крупного рогатого скота изучены, данные об особенностях связывания меди в сыворотке крови с высокомолекулярными и низкомолекулярными лигандами у жвачных животных не исследованы (Cabrera et al., 2008). Изучение элементного статуса организма является важным инструментом многих исследований, поскольку в здоровом организме гомеостаз всех металлов жестко контролируется, а его нарушение является причиной или следствием многих изменений.

Цель работы – оценка металл-лигандного гомеостаза меди (species analysis) в сыворотке крови молочных коров в зависимости от уровня накопления свинца.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для формирования групп сравнения выделяли животных с низконормальными значениями (концентрация Pb в крови до 25-го перцентиля) и высоконормальными значениями (концентрация Pb в крови выше 75-го перцентиля). В сформированных группах проводили сравнение результатов species analysis. Оценку содержания свинца и анализ форм меди выполняли посредством разделения сыворотки крови на фракции с последующим определением содержания металлов в каждой фракции методом ИСП-МС (on-line режим). В качестве элемент-специфического детектора для определения форм связывания марганца в сыворотке крови использовали ИСП-МС NexION 300D.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание Cu в сыворотке крови всех животных находилось в интервалах физиологической нормы. Определение форм Cu в группах животных с различным уровнем накопления свинца показало, что содержание Cu во фракции  $\alpha$ -2-макроглобулин (тетрамер) было статистически значимо в 11 раз ниже ( $p < 0,05$ ), при этом содержание Cu во фракции  $\alpha$ -2-макроглобулин (димер) было достоверно выше в 2 раза ( $p < 0,05$ ) относительно группы с более высоким уровнем свинца. Данные различия были одинаково выражены и достоверны как при оценке абсолютных величин (мкг/мл), так и при оценке процентного вклада данных форм в сывороточную концентрацию меди.

## ВЫВОДЫ

Полученные данные свидетельствуют о том, что изменение уровня Cu даже в диапазоне нормальных значений сопровождается перераспределением Cu по различным белковым фракциям. Таким образом, определение конкретных металлосвязывающих видов в сыворотке крови является ценным инструментом для оценки питательных или токсикологических эффектов металла, что свидетельствует о высоком потенциале применения speciation analysis в лабораторной диагностике нарушений обмена элементов в организме и позволяет прогнозировать и проводить коррекцию обмена элементов на ранних этапах.

**Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2019-2021 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0526-2019-0001).**

## Список литературы / References

1. Michalke B. Element speciation definitions, analytical methodology, and some examples. *Ecotox Environ Safe*. 2003; 56:122–139.
2. Cabrera A., Alonzo E., Sauble E., Chu Y.L., Linder M.C., Sato D.S., Mason A.Z. Copper binding components of plasma and cytoplasm, copper turnover and excretion, as determined in the mouse with large doses of 65 Cu. *Biometals*. 2008; 21: 525–543.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-27

## ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА В ПОБЕГАХ ПШЕНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ЖЕЛЕЗА

*Е.А. Осипова<sup>1\*</sup>, С.В. Лебедев<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13

<sup>2</sup> ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», 460000, Оренбургская область, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29

\*e-mail: kudryavceva.elen@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** Целью настоящего исследования явилось определение содержания хлорофилла в побегах пшеницы, произрастающих под действием различных форм железа ( $\text{Fe}^0$  ( $80 \pm 5$  нм),  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (ширина 50–80 нм, высота 4–10 нм),  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ). Экстракцию пигментов проводили 96%-ным этиловым спиртом на 7-й день, концентрацию хлорофиллов рассчитывали по уравнениям Вернона. Максимальный синтез хлорофилла *a* и *b* был характерен для ионных форм железа в концентрации  $1 \cdot 10^{-3}$  г/л, наночастиц железа  $1 \cdot 10^{-4}$  г/л и магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  при концентрации  $1 \cdot 10^{-6}$  г/л. Отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* в надземной части пшеницы на 7-й день соответствует норме при использовании наночастиц железа  $\text{Fe}^0$  и ионных форм двухвалентного железа в виде сульфата  $\text{FeSO}_4$ . По мере увеличения концентрации наночастиц магнетита повышается концентрация хлорофилла *a*, а при достижении максимальной концентрации до  $1 \cdot 10^{-3}$  г/л увеличивается количество хлорофилла *b*, на фоне уменьшения соотношения *a/b*. Таким образом, наночастицы железа  $\text{Fe}^0$  и водный раствор сульфата железа (II) способствуют формированию фотосинтетического аппарата с интенсивным фотосинтезом.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** пшеница, наночастицы, железо, магнетит, сульфат железа, хлорофилл.

## VARIATION IN THE CONTENT OF CHLOROPHYLL IN WHEAT UNDER THE INFLUENCE OF VARIOUS FORMS OF IRON

*E.A. Osipova<sup>1\*</sup>, S.V. Lebedev<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Orenburg State University, 13, Pobedy ave, Orenburg, Russia, 460018

<sup>2</sup> FSSI "Federal Research Center of Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences", 29, 9 January St., Orenburg, Russia, 460000

\*e-mail: kudryavceva.elen@mail.ru

**ABSTRACT.** The purpose of this study was to determine the content of chlorophyll in wheat scions growing under the influence of various forms of iron ( $\text{Fe}^0$  ( $80 \pm 5$  nm),  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (width 50–80 nm, height 4–10 nm),  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ). The pigments were extracted using 96% ethyl alcohol on day 7; the chlorophyll concentration was calculated using the Vernon equations. The maximum synthesis of chlorophyll *a* and *b* was typical for iron ionic forms at a concentration by  $1 \cdot 10^{-3}$  g/l and iron nanoparticles at a concentration by  $1 \cdot 10^{-4}$  g/l, and  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  magnetite at a concentration of  $1 \cdot 10^{-6}$  g/l. The ratio of chlorophyll *a* to chlorophyll *b* in the terrestrial part of wheat on day 7 corresponds to the norm using

iron nanoparticles  $\text{Fe}^0$  and ferrous iron ions in the form of  $\text{FeSO}_4$ . As the concentration of magnetite nanoparticles increases, the concentration of chlorophyll *a* increases, and when the maximum concentration amount  $10^{-3}$  g/l, the amount of chlorophyll *b* rise, while the *a/b* ratio decreases. In such a way, iron  $\text{Fe}^0$  nanoparticles and an aqueous solution of iron (II) sulfate contribute to the formation of a photosynthetic apparatus with intensive photosynthesis.

KEYWORDS: wheat, nanoparticles, iron, magnetite, iron sulfate, chlorophyll.

## ВВЕДЕНИЕ

Дефицит железа приводит к хлорозу листьев, которое снижает продуктивность культурных растений и ведет к их гибели. Внесение в почву соединений железа не приводит к ожидаемому эффекту, что связано с быстрым его переходом в окисленную, недоступную для растений форму. Для решения данной проблемы возможно использование наночастиц, что требует тщательного изучения.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Семена растения *Triticum vulgare* Vill, выращивали в водной среде с различной концентрацией наночастиц железа  $\text{Fe}^0$  и магнетита  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  в сравнении с воздействием водных растворов  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ . Концентрацию хлорофиллов рассчитывали по уравнениям Вернона после экстракции 96%-ным этиловым спиртом.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием программы Excel общепринятыми методами вариационной статистики.

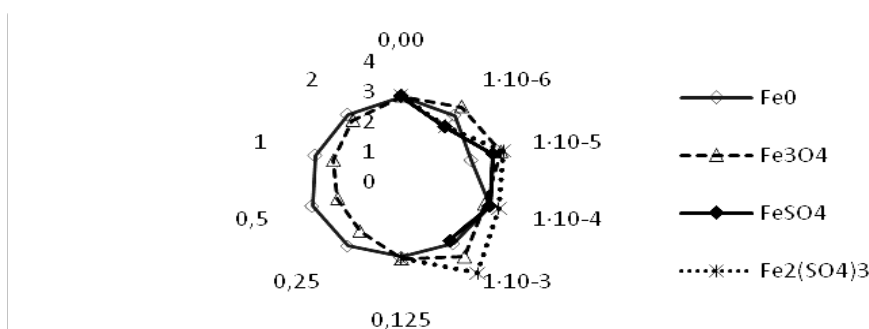


Рисунок. Отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* в надземной части пшеницы

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На 7-й день количество хлорофиллов *a* и *b* во всех опытах увеличивается относительно контроля, так как железо входит в состав ферментов, ускоряющих реакции синтеза хлорофилла. О степени сформированности фотосинтетического аппарата судили по отношению хлорофилла *a* к хлорофиллу *b*, в норме этот показатель должен находится в интервале от 2,2 до 3,0 (Титова, 2010) (рисунок).

## ВЫВОДЫ

Наночастицы железа  $\text{Fe}^0$  и водный раствор сульфата железа (II) способствуют формированию фотосинтетического аппарата с интенсивным фотосинтезом.

## Список литературы / References

1. Титова М.С. Содержание фотосинтетических пигментов в хвое *Picea Abies* и *Picea koraiensis*. Вестник ОГУ. 2010; 1: 9–12. [Titova M.S. Content of photosynthetic pigments in needles of *Picea Abies* and *Picea Koraiensis*. VESTNIK OSU. 2010; 12: 9–12. (in Russ.).]

## ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАДМИЯ В ОБЪЕКТАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И БИОЦЕНОЗАХ НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОРЕНБУРЖЬЯ

*Е.В. Сальникова\*, А.Н. Сизенцов, В.И. Пелих, Я.А. Сизенцов, Т.Ф. Тарасова*

Оренбургский государственный университет, 460013, г. Оренбург, пр. Победы, 13

\*e-mail: salnikova\_ev@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** Ежегодно увеличивающийся уровень антропогенной нагрузки, связанный с возрастающей урбанизацией и техногенной нагрузкой, негативно влияет на экологические системы и биоценозы. Одним из наиболее опасных факторов такого воздействия является накопление в окружающей среде ксенобиотических элементов. Среди токсических элементов одним из наиболее опасных является кадмий, который не только обладает высоким уровнем кумулятивного эффекта, но и выраженным антагонизмом с рядом жизненно важных эссенциальных элементов. Представлены данные распределения данного элемента в структуре цепи экологического взаимодействия вода–почва–растение–животное–человек на примере центральной зоны Оренбургской области. Экспериментально установлено наличие выраженной аккумуляции кадмия в почвенных образцах и биосубстратах сельскохозяйственных животных; следует отметить, что уровень кадмия во всех исследуемых образцах находился в пределах биологически допустимого уровня.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** кадмий, биоаккумуляция, биоценоз, биосубстраты.

## ASSESSMENT OF THE DISTRIBUTION OF CADMIUM IN OBJECTS OF THE ECOLOGICAL SYSTEM AND BIOCENOSSES ON THE EXAMPLE OF THE CENTRAL ZONE OF THE ORENBURG REGION

*E.V. Salnikova\*, A.N. Sizentsov, V.I. Pelikh, Ya.A. Sizentsov, T.F. Tarasova*

Orenburg State University, 13, Pobedy ave, 460018, Orenburg, Russia

\*e-mail: salnikova\_ev@mail.ru

**ABSTRACT.** The annually increasing level of anthropogenic load associated with increasing urbanization and technogenic load negatively affects ecological systems and biocenoses in particular. One of the most dangerous factors of such impact is the accumulation of xenobiotic elements in the environment. Among the toxic elements, one of the most dangerous is cadmium, which not only has a high level of cumulative effect, but also pronounced antagonisms with a number of vital essential elements. In our work, we present the data on the distribution of this element in the structure of the chain of ecological interaction water-soil-plant-animal-human on the example of the central zone of the Orenburg region. The presence of a pronounced accumulation of cadmium in soil samples and biosubstrates of farm animals was experimentally established; it should be noted that the level of cadmium in all studied samples was within the biologically acceptable level.

**KEYWORDS:** cadmium, bioaccumulation, biocenosis, biosubstrates.

## ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно увеличивающийся уровень антропогенной нагрузки, связанный с возрастающей урбанизацией и техногенной нагрузкой, негативно влияет на экологические системы и биоценозы. Накопление в окружающей среде ксенобиотических элементов является одним из наиболее опасных факторов такого воздействия. Кадмий – один из наиболее опасных токсических элементов который не только обладает высоким уровнем кумулятивного эффекта, но и выраженным антагонизмом с рядом жизненно важных эссенциальных элементов.

Цель работы – оценка распределения кадмия в объектах экологической системы и биоценозах на примере центральной зоны Оренбургской области.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования использованы вода, почва, пшеница, биосубстраты (почки, сердце, печень, мышцы) сельскохозяйственных животных и волосы жителей, постоянно проживающих в анализируемой зоне. Известно, что волосы являются не только легко отбираемым биологическим материалом,



но и информативно показательным образчиком содержания как эссенциальных, так и токсических элементов (Скальный, 2003). Определение концентрации кадмия в исследуемых образцах проводили с использованием метода атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии (АЭС-ИСП и МС-ИСП) на оборудовании Elan 9000 (Perkin Elmer, США) и Optima 2000 V (Perkin Elmer, США).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные (таблица) свидетельствуют о выраженной кумуляции исследуемого элемента в почвенных образцах с превышением ПДК на 20% (допустимые значения 0,1 мг/кг). В остальных исследуемых объектах уровень кадмия не превышал биологически значимого уровня. Наибольшие концентрации содержания ксенобиотика зарегистрированы в биологических субстратах с максимальной аккумуляцией в сердце и органах, ответственных за детоксикацию организма (печень и почки).

**Таблица. Анализ содержания кадмия в исследуемых образцах, мг/кг**

Показатель	Число объектов	Среднее (М)	Медиана (Ме)	Минимум (Min)	Максимум (Max)
Вода	195	0,002	0,001	0	0,008
Почва	195	0,120	0,070	0,008	0,810
Пшеница	195	0,003	0,003	0	0,011
<i>Биосубстраты сельскохозяйственных животных</i>					
Почки	30	0,040	0,040	0,020	0,070
Сердце	30	0,056	0,058	0,010	0,102
Печень	30	0,040	0,030	0,020	0,060
Мышцы	30	0,006	0,006	0,001	0,020
<i>Биологические образцы от жителей анализируемой территории (волосы)</i>					
Мужчины	78	0,020	0,020	0,004	0,090
Женщины	78	0,020	0,020	0,003	0,090

Примечание: биологически допустимый уровень (БДУ) Cd = 1.

## ВЫВОДЫ

Содержание кадмия в образцах яровой пшеницы имеет допустимые значения исследуемого элемента. Следует отметить, что при проведении сравнительного анализа собственных данных с аналогичными литературными (Лебедев, Родионова, 2010) существенных различий между полученными результатами не установлено. Систематическое проведение подобных исследований позволяет не только оценить уровень экологического состояния отдельных территорий, но и своевременно проводить комплекс мероприятий, направленных на профилактику острых и хронических интоксикаций ксенобиотическими элементами.

### Список литературы

1. Скальный А.В. Цинк и здоровье человека. Оренбург: РИС ГОУ ОГУ, 2003. 80 с.
2. Лебедев С.В., Родионова Г.Б. Экологическая оценка растительного сырья и продуктов питания различных природно-климатических зон Оренбургской области. Вестник ОГУ. 2010; 6(112): 152–155.

### References

1. Skal'nyj A.V. Cink i zdorov'e cheloveka. Orenburg: RIC GOU OGU, 2003. 80 s.
2. Lebedev S.V., Rodionova G.B. Jekologicheskaja ocenka rastitel'nogo syr'ja i produktov pitaniya razlichnyh prirodno-klimaticheskikh zon Orenburgskoj oblasti. Vestnik OGU. 2010; 6(112): 152–155.

## СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В КОМПОНЕНТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРНОРУДНОГО РЕГИОНА

*И.Н. Семенова, Ю.С. Рафикова, Р.Ф. Хасанова, Г.Р. Ильбулова,  
М.Б. Суюндукова, Я.Т. Суюндуков*

Сибайский филиал Государственного автономного научного учреждения  
«Институт стратегических исследований Республики Башкортостан», г. Сибай, Россия

**РЕЗЮМЕ.** Целью исследования явилось изучение содержания Cu, Zn, Pb и Cd в компонентах окружающей среды горнорудного региона Республики Башкортостан. Объектами исследования служили пастбищные и пахотные почвы, зерно яровой пшеницы, волосы детей в возрасте до 14 лет. Содержание Cu, Zn, Pb и Cd в почвах и зерне определяли методом атомной абсорбции, в волосах – методом масс-спектрометрии с индукционно связанной аргонной плазмой (МС–ИСП) в АНО «Центр биотической медицины» (Москва). Показано, что воздействие горнорудных предприятий на окружающую среду проявляется в повышенном уровне Cu, Zn и Cd в пастбищных почвах, находящихся под их влиянием, а также в более высоком содержании Cu в волосах детей и Pb и Cd в зерне пшеницы.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** почва, пшеница, волосы, тяжелые металлы, горнорудные предприятия.

## CONTENT OF METALS IN THE ENVIRONMENTAL COMPONENTS OF THE MINING REGION

*I.N. Semenova, Yu.S. Rafikova, R.F. Khasanova, G.R. Ilbulova,  
M.B. Suyundukova, Ya.T. Suyundukov*

Sibay Branch of the State Autonomous Scientific Institution  
"Institute for Strategic Studies of the Republic of Bashkortostan", Sibay, Russia

**ABSTRACT.** The aim of the study was to study the content of Cu, Zn, Pb and Cd in the environmental components of the mining region of the Republic of Bashkortostan. The objects of research were pasture and arable soils, grain of spring wheat, hair of children under the age of 14 years. The content of Cu, Zn, Pb and Cd in the soils and the grain was determined by atomic absorption, in the hair – by mass spectrometry with inductively coupled argon plasma (ICP-MS) at Center for Biotic Medicine (Moscow). The environmental impact of mining operations is manifested in increased levels of Cu, Zn and Cd in the grazing soils under their influence, as well as higher levels of Cu in the hair of children and Pb and Cd in wheat grain.

**KEYWORDS:** soil, wheat, hair, heavy metals, mining enterprises.

## ВВЕДЕНИЕ

Горнорудные предприятия представляют собой комплексный источник воздействия на все компоненты окружающей среды, характеризующийся разнообразием способов этого воздействия и состава загрязняющих веществ. Цель данного исследования – изучение содержания Cu, Zn, Pb и Cd в компонентах окружающей среды горнорудного региона Республики Башкортостан (РБ) в районах с разным уровнем техногенного воздействия.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования явились пастбищные и пахотные почвы, зерно яровой пшеницы, волосы детей в возрасте до 14 лет. В образцах почв и зерна в соответствии с СанПин 2.1.7.1287-03 методом атомно-абсорбционной спектрометрии определяли содержание тяжелых металлов. Элементный анализ волос проводили в АНО «Центр биотической медицины» (Москва, Россия) (ISO 9001:2008 сертификат 54Q10077 от 21.05.2010).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты (таблица) сравнивали с референтными значениями (Скальный, 2003). Отмечено превышение ПДК Cu, Zn и Cd в пастбищных почвах, Pb и Cd – в зерне пшеницы из 2-й группы.

**Таблица. Содержание металлов в компонентах окружающей среды горнорудного региона РБ, мг/кг**

Металл	Субстрат	ПДК <sup>1</sup> /ОДК <sup>2</sup> / референсные значения <sup>3</sup>	1-я группа (Техногенная зона: Баймакский, Хайбуллинский, Учалинский и Белорецкий районы)	2-я группа (Фоновые территории: Абзелиловский, Бурзянский, Зианчуринский и Зилаирский районы)
Cu	Почва пастбищная	55 <sup>1</sup>	80,88±52,49*	31,63±23,76
	Почва пахотная	55 <sup>1</sup>	7,99±2,26	7,11±1,73
	Пшеница яровая	10 <sup>1</sup>	4,74±1,44	4,63±0,49
	Волосы детей	9–14 <sup>3</sup>	10,53±0,82*	9,18±0,35
Zn	Почва пастбищная	100 <sup>1</sup>	223,41±156,65*	62,95±50,25
	Почва пахотная	100 <sup>1</sup>	8,93±2,86	8,73±2,42
	Пшеница яровая	50 <sup>1</sup>	30,70±24,99	48,63±28,11
	Волосы детей	155–206 <sup>3</sup>	191,16±44,13	195,76±19,11
Pb	Почва пастбищная	32 <sup>1</sup>	28,74±16,07	15,13±7,03
	Почва пахотная	32 <sup>1</sup>	5,98±0,79	4,60±2,0
	Пшеница яровая	0,5 <sup>1</sup>	0,29±0,09	1,55±2,64
	Волосы детей	0,38–1,4 <sup>3</sup>	0,97±0,28	1,10±0,78
Cd	Почва пастбищная	2,0 <sup>2</sup>	2,9±0,7*	1,5±0,6
	Почва пахотная	2,0 <sup>2</sup>	0,27±0,05	0,25±0,03
	Пшеница яровая	0,1 <sup>1</sup>	0,065±0,103	0,117±0,099
	Волосы детей	0,02–0,12 <sup>3</sup>	0,06±0,03	0,06±0,03

П р и м е ч а н и е : \* – статистически значимое ( $p < 0,5$ ) различие показателей 1-й и 2-й групп.

Сравнение содержания тяжелых металлов в различных биосубстратах в зависимости от уровня техногенеза выявило некоторые отличия. Так, в районах с развитым промышленным производством (1-я группа) пастбищные почвы имеют достоверно более высокое ( $p < 0,05$ ) содержание Cu, Zn и Cd, а волосы детей содержат более высокий уровень Cu по сравнению со 2-й группой. Выявлена положительная корреляция (при  $p < 0,05$ ): в пастбищных почвах между содержанием Cu и Cd ( $r = 0,85$ ), Pb и Cd ( $r = 0,72$ ), в пахотных почвах между содержанием Cu и Zn ( $r = 0,87$ ), в зерне пшеницы и волосах детей – между содержанием Pb и Cd ( $r = 0,98$  и  $r = 0,86$  соответственно).

## ВЫВОДЫ

Воздействие горнорудных предприятий на окружающую среду проявляется в повышенном уровне Cu, Zn и Cd в пастбищных почвах, находящихся под их влиянием, а также в более высоком уровне Cu в волосах детей. Вместе с тем в пшенице яровой, выращенной в районах с отсутствием выраженного техногенного воздействия, также выявлен повышенный уровень Cd и Pb, что, вероятно, обусловлено региональными геохимическими особенностями.

**Работа подготовлена за счет финансового обеспечения выполнения государственного задания ГАНУ «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан» на 2021 г. (руководитель темы – Я.Т. Сундуков).**

---

## Список литературы / References

1. Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО «Центр биотической медицины»). Микроэлементы в медицине. 2003; 4(1): 7–11 [Skalny A.V. Reference values of chemical elements concentration in hair, obtained by means of -AES method in ANO Centre for Biotic Medicine. Trace Elements in Medicine (Moscow). 2003, 4(1): 55–56 (in Russ)].

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-30

## НИКЕЛЬ: ПОТРЕБЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ В КРОВИ СРЕДИ ГРУПП С РАЗЛИЧНЫМ ПИЩЕВЫМ ПОВЕДЕНИЕМ

*Е.И. Сидорова<sup>1</sup>, А.В. Гальченко<sup>2\*</sup>*

<sup>1</sup> Первый Московский государственный медицинский университет  
им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

ORCID: 0000-0003-3361-2460, e-mail: elizavsid@gmail.com

<sup>2</sup> Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

ORCID: 0000-0001-7286-5044

\*e-mail: gav.jina@gmail.com

**РЕЗЮМЕ.** Никель – это малоизученный микроэлемент. Обнаружена его роль в процессах кроветворения, регуляции гликемии и артериального давления. В настоящем исследовании анализировались сывороточные концентрации никеля и его поступление с пищей среди различных пищевых групп. Выявлено, что потребление никеля уменьшалось при снижении доли растительных продуктов. При этом его уровень в крови между группами не различался. Все испытуемые не превышали предельно допустимой концентрации.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** веганы, вегетарианцы, Великий пост, православный пост, микроэлементы, микронутриенты, условно эссенциальные элементы.

## NICKEL: CONSUMPTION AND SERUM CONCENTRATIONS IN GROUPS WITH DIFFERENT NUTRITIONAL BEHAVIOR

*E.I. Sidorova<sup>1</sup>, A.V. Galchenko<sup>2\*</sup>*

<sup>1</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation  
(Sechenov University), Moscow, Russian Federation

ORCID: 0000-0003-3361-2460, e-mail: elizavsid@gmail.com

<sup>2</sup> Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

ORCID: 0000-0001-7286-5044

\*e-mail: gav.jina@gmail.com

**ABSTRACT.** Nickel is a poorly studied trace element. Its role in the processes of hematopoiesis, regulation of glycaemia and blood pressure is detected. In the present study, nickel serum concentrations and its dietary intake in various nutritional groups were analyzed. It was found that nickel consumption decreased with the reduction of the share of plant products, however, its blood levels did not differ. All subjects did not exceed recommended concentrations.

**KEYWORDS:** vegan, vegetarian, Great Lent, Orthodox fast, trace elements, micronutrients, relatively essential elements.

## ВВЕДЕНИЕ

Никель – условно эссенциальный микроэлемент. Его содержание в организме варьируется от 1 (Морозова и др., 2011) до 10 мг (ATSDR, 2005), он относительно равномерно распределяется в тканях. Никель способен стимулировать кроветворение (Морозова и др., 2011), усиливать эффекты инсулина, а также снижать артериальное давление (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008). В то же время никель и некоторые его производные считаются канцерогенами (Alberti et al., 2003; Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 185 человек: 46 веганов, 49 вегетарианцев, 42 человека, соблюдавших православный Великий пост и 48 людей на смешанном рационе. Различий по возрасту (33 [29;39]) или ИМТ (22,4

[20,3;23,8]) между группами обнаружено не было. Все испытуемые подписали добровольное информированное согласие. Исследование одобрено комитетом по этике ФГБУН "ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» (Протокол этического комитета № 6 от 22.12.2017) и выполнено в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (1964 г.) и ее последующими поправками.

Питание испытуемых из всех групп оценивали с помощью программы Nutrillogic (ООО, «Нутрилогик», Россия).

В группах вегетарианцев, веганов и людей на смешанном рационе также определяли сывороточные концентрации никеля. Анализ проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) на аппарате Nexion 300D (Perkin Elmer, США). Результаты сравнивали с референсными для данного метода значениями.

Расчеты и статистическую обработку выполняли в программе SPSS v. 23.0.0.0 (IBM, США). Распределение показателей в группах не было нормальным, поэтому использовали непараметрические методы сравнения: критерий Манна–Уитни для попарного сравнения и тест Краскела–Уоллиса для множественного сравнения. Для множественного сравнения также применяли поправку Бонферрони.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основными источниками никеля являются растительные продукты (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008). Закономерно, что вегетарианцы и веганы потребляли его больше, чем люди на смешанном рационе. Люди, соблюдавшие православный Великий пост, также потребляли меньше никеля, чем вегетарианцы и веганы. Вероятно, это обусловлено более однообразной растительной пищей, так как соблюдавшие православный Великий пост питались более консервативно и «макробиотично» по сравнению с вегетарианцами и веганами. При сравнении поступления никеля у вегетарианцев и веганов, обнаружено существенное отставание у последних (рис. 1). Похожие закономерности сохранялись и в других исследованиях (Юнацкая и др., 2015; Fleury et al., 2017). Однако в индийском исследовании были получены противоположные данные: Веганы потребляли значительно меньше никеля по сравнению с людьми, находящимися на смешанном рационе (Raghunath et al., 2006).

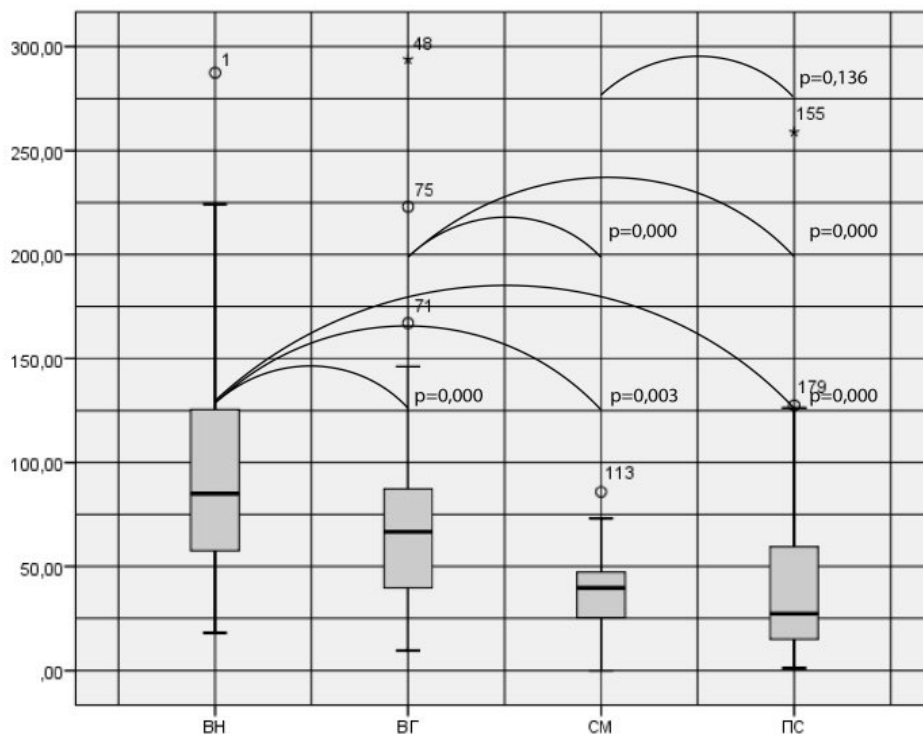
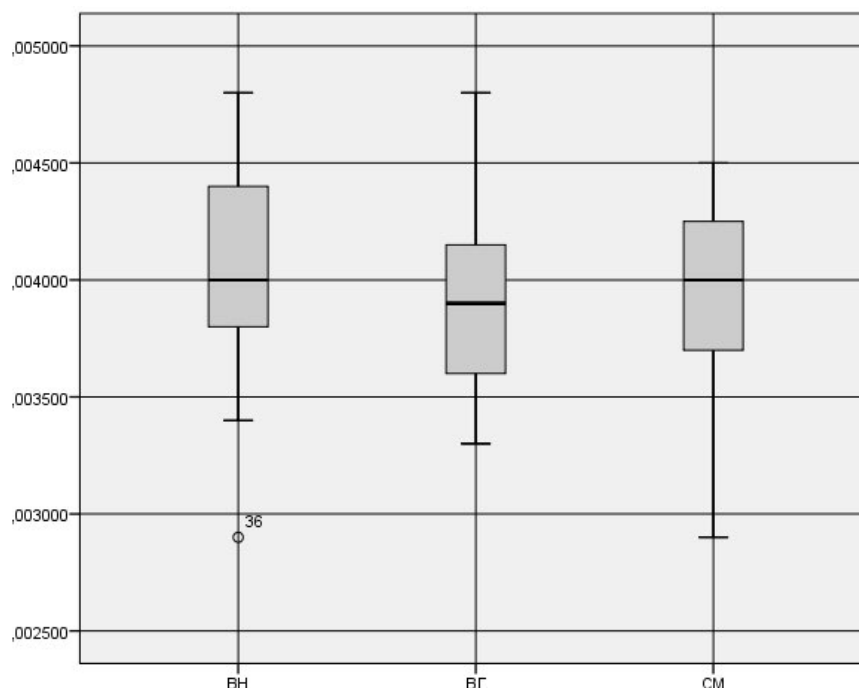


Рис. 1. Потребление никеля среди веганов (ВН), вегетарианцев (ВГ), постящихся (ПС) и находящихся на смешанном рационе (СМ) (мкг/сут)

В России нет принятых норм потребления никеля. Оптимальным уровнем его поступления считается 100–200 мкг/сут (Скальный, Рудаков, 2004; Оберлис и др., 2008).

При изучении сывороточных концентраций никеля значимых различий между группами обнаружено не было. У всех испытуемых уровень никеля в крови не превышал предельно допустимых значений. Подробные результаты приведены на рис. 2.



**Рис. 2.** Уровень никеля в крови среди (ВН), вегетарианцев (ВГ), постящихся (ПС) и находящихся на смешанном рационе (СМ) (мкг/мл)

## ВЫВОДЫ

Растительные рационы поставляют большие количества никеля. В целом, среди жителей Москвы его потребление и сывороточные концентрации не превышают допустимых значений. Однако требуются дополнительные исследования физиологии и эпидемиологии никеля для разработки нижних границ его содержания в крови, а также рекомендуемых норм потребления.

## Список литературы / References

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2005. Toxicological profile for Nickel. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
2. Alberti F.A., Burini G., Perriello G., Fidanza F. Trace element intake and status of Italian subjects living in the Gubbio area. *EnvironRes.* 2003, 91:71–77.
3. Морозова Л.В. Химические элементы организма человека: справочные материалы. Под ред. Морозовой Л.В. Архангельск: Издательский центр ПГУ им. М.В. Ломоносова, 2011. 44 с. (Morozova L.V. [Chemical elements in the human body: reference materials]. Arkhangelsk: Publishing Center PSU im. M.V. Lomonosov, 2011. 44 p. (in Russ.)).
4. Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб: Наука, 2008. 544 с. (Oberlis D., Harland B., Skalny A. [The biological role of macro- and trace elements in humans and animals]. SPb: Nauka, 2008. 544 p (in Russ.)).
5. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М.: Мир, 2004. 272 с. (Skalny A.V., Rudakov I.A. [Bioelements in medicine]. M.: Mir, 2004. 272 p. (in Russ.)).
6. Юнацкая Т.А., Турчанинова М.С., Костина Н.Н. Гигиеническая оценка питания вегетарианцев и лиц со смешанным питанием. *Гигиена и санитария.* 2015; 9: 72–75. (Yunatskaya T.A., Turchaninova M.S., Kostina N.N. [Hygienic nutritional assessment of vegetarians and individuals with a dietary bias]. *Gigienai sanitaria.* 2015; 9: 72–75 (in Russ.)).
7. Fleury S., Rivière G., Allès B., Kesse-Guyot E., Méjean C., Hercberg S., Touvier M., Bemrah N. Exposure to contaminants and nutritional intakes in a French vegetarian population. *Food and Chemical Toxicology.* 2017; 109: 218–229. doi:10.1016/j.fct.2017.07.048.
8. Raghunath R., Tripathi R., Suseela B., Bhalke S., Shukla V., Puranik V. Dietary intake of metals by Mumbai adult population. *Science of the Total Environment.* 2006; 356(1–3): 62–68. doi:10.1016/j.scitotenv.2005.04.035.

## ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ МИКРОБНОЙ БИОРЕМЕДИАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПРИМЕРЕ КОБАЛЬТА И МЕДИ

*А.Н. Сизенцов<sup>1\*</sup>, Е.В. Сальникова<sup>1</sup>, Я.А. Сизенцов<sup>1</sup>, Т.А. Климова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13

\*e-mail: asizen@mail.ru

<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр биологических систем и агротехнологий  
Российской академии наук, г. Оренбург, ул. 9 января, 29

**РЕЗЮМЕ.** Одним из основных факторов антропогенного загрязнения окружающей среды различными химическими поллютантами является развитие горнодобывающей отрасли и цветной металлургии. Возможное и наиболее перспективное направление решения проблемы загрязнения окружающей среды и биocenозов, в частности тяжелыми металлами, – использование физиолого-адаптационных механизмов толерантности и биосорбции сапротрофной микрофлоры. Установлен высокий уровень ингибирующего действия исследуемых эссенциальных элементов при создании массивной катионной нагрузки на исследуемые микроорганизмы рода *Bacillus* с высоким уровнем сорбции меди и кобальта на поверхностных структурах бактериальных клеток.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** биоаккумуляция, медь, кобальт, диффузия, атомно-силовая микроскопия.

## STUDY OF THE MECHANISMS OF MICROBIAL BIOREMEDIATION OF HEAVY METALS BY THE EXAMPLE OF COBALT AND COPPER

*A.N. Sizentsov<sup>1\*</sup>, E.V. Salnikova<sup>1</sup>, Yu.A. Sizentsov<sup>1</sup>, T.A. Klimova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Orenburg State University, 13, Pobedy ave, Orenburg, Russia, 460018

\*e-mail: asizen@mail.ru

<sup>2</sup> Federal Research Centre of Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences,  
460000 Orenburg, ul. 9 Yanvarya 29

**ABSTRACT.** The development of the mining industry and non-ferrous metallurgy is one of the main factors of anthropogenic pollution of the environment by various chemical pollutants. One of the possible and most promising direction for solving the problem of environmental pollution and biocenoses, in particular with heavy metals, is the use of physiological adaptive mechanisms of tolerance and biosorption of saprotrophic microflora. A high level of inhibitory action of the investigated essential elements was established when creating a massive cationic load on the studied microorganisms of the genus *Bacillus* with a high level of sorption of copper and cobalt on the surface structures of bacterial cells.

**KEYWORDS:** bioaccumulation, copper, cobalt, diffusion, atomic force microscopy.

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие горнодобывающей отрасли и цветной металлургии становится одним из основных факторов антропогенного загрязнения окружающей среды различными химическими поллютантами. Возможным и наиболее перспективным направлением решения проблемы загрязнения окружающей среды и биocenозов, в частности тяжелыми металлами, является использование физиолого-адаптационных механизмов толерантности и биосорбции сапротрофной микрофлоры.

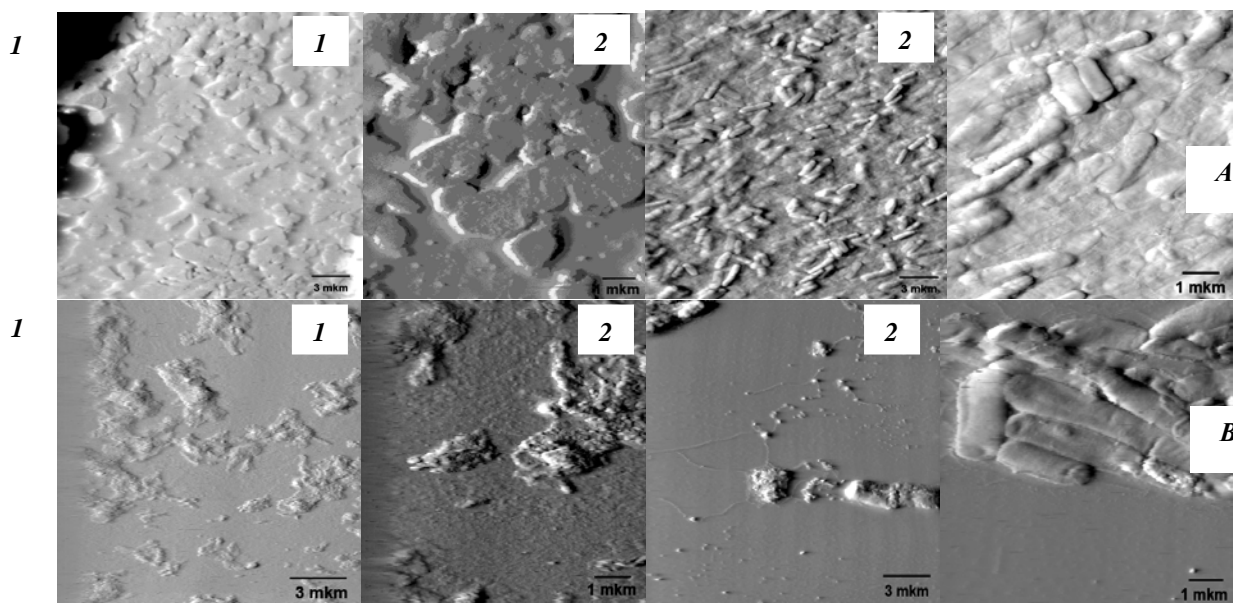
Цель исследования – изучение механизмов микробной биоремедиации тяжелых металлов на примере кобальта и меди.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были использованы штаммы микроорганизмов рода *Bacillus*, входящих в состав пробиотических препаратов. В качестве регулирующих факторов в работе применяли стерильные водные растворы сульфата меди и кобальта. Критерием оценки наличия биоремедиационного механизма являлись: метод агаровых лунок с диффузией катионов в толщу агаризованного субстрата, совмещенный с методом серийных разведений (Sizentsov et al., 2018), нефелометрический метод определения относительной оптической плотности, атомно-силовая микроскопия (Sizentsov et al., 2021).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о наличии выраженного ингибирующего действия высоких концентраций катионов исследуемых металлов в отношении изучаемых микроорганизмов. Следует отметить, что исследуемые химические соединения оказывают выраженное пролонгирующее действие на фазу активного роста, увеличивая срок наступления стационарной фазы роста в диапазоне от 6 до 9 часов.



**Рисунок.** Оценка биосорбции катионов меди и кобальта исследуемыми микроорганизмами на примере *B. subtilis* 534 с использованием атомно-силовой микроскопии (увеличение 3 и 1 мкм): А – медь; В – кобальт (1 – зона ингибирования роста, 2 – пограничная зона ингибирования и субингибирования роста)

Тенденция низкого уровня толерантности бактериальных штаммов к действию эссенциальных элементов гипотетически обусловлена отсутствием механизмов детоксикации в отношении жизненно важных элементов. В подтверждение выдвигаемой гипотезы следует отметить отсутствие спорулирующих форм микроорганизмов во всех исследуемых образцах (рисунок).

## ВЫВОДЫ

Наиболее выраженный депонирующий эффект биологически доступных наноструктурных форм металлов регистрируется при взаимодействии тестируемых микроорганизмов с катионами меди с максимальным их депонированием в структуре популяции.

### Список литературы / References

1. Sizentsov A.N., Cherkasov S.V., Karpova G.V., Bibartseva E.V., Kvan O.V., Kunavina E.A., Levenets T.V., Strekalovskaya A.D. The technology of chemical compound biotoxicity assessment by the method of agar basins. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). 2018; 9(11): 455–446.
2. Sizentsov A., Davydova O., Nikiyan H., Sizentsov Ya., Barysheva E., Bykov A. Assessment the technology for heavy metal biotoxicity and biosorption by bacterial cells. Biochem. Cell. Arch. 2021. 21(1): 901–906.



## ЭКОЛОГО-ЭТНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА КРОВИ У БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН ПРИАМУРЬЯ

*С.В. Супрун, Г.П. Евсеева\*, О.С. Кудряшова, Н.И. Кудерова, О.А. Лебедько*

Хабаровский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения  
«Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» –  
Научно-исследовательский институт охраны материнства и детства  
\*e-mail: evseewa@yandex.ru

**РЕЗЮМЕ.** С целью оценки микроэлементного статуса проведено обследование крови методом плазменной спектрометрии у 204 беременных женщин коренного и пришлого населения Приамурья. Выявлено, что у пришлых сельских беременных в сравнении с городскими женщинами достоверно повышены уровни Cu, Zn, Se и Cd, Pb в сыворотке, сопровождающиеся снижением концентрации Zn, Se и увеличением Cd, Pb в клетках крови. Для коренных беременных женщин характерна тенденция к снижению Cu, Zn, Se, Pb и накоплению Cd в сыворотке, к снижению Cu, Pb и повышению Zn, Se, Cd в клетках крови в сравнении с пришлыми, проживающими в одной сельской местности. Выявленный дисбаланс связан с использованием разных источников воды, продуктов питания и требует проведения дополнительной коррекции витаминно-минеральными комплексами.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** беременные женщины, микроэлементы, коренное и пришлое население.

## ECOLOGICAL AND ETHNIC FEATURES OF THE MICROELEMENT STATUS OF BLOOD IN PREGNANT WOMEN OF PRIAMURIE

*S.V. Suprun, G.P. Evseeva\*, O.S. Kudryashova, N.I. Kuderova, O.A. Lebed'ko*

Khabarovsk Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology  
of Respiration Research Institute of Maternity and Childhood Protection, Khabarovsk, Russia  
\*e-mail: evseewa@yandex.ru

**ABSTRACT.** In order to assess the microelement status, a blood examination of 209 pregnant women of the indigenous and newcomer population of Priamuriewas carried out by plasma spectrometry. It was revealed that in comparison to newcomer urban women, newcomer pregnant women from rural areas had significantly increased levels of Cu, Zn, Se and Cd, Pb in the serum, accompanied by a decrease in the concentration of Zn, Se and an increase in Cd, Pb in blood cells. Indigenous pregnant women are characterized by a tendency towards a decrease in Cu, Zn, Se, Pb and accumulation of Cd in the serum; a decrease in Cu, Pb and an increase in Zn, Se, Cd in blood cells in comparison to newcomers living in the same rural area. The revealed imbalance happens because of different sources of water, food, and requires additional correction of vitamin and mineral complexes.

**KEYWORDS:** pregnant women, trace elements, indigenous and newcomer population.

## ВВЕДЕНИЕ

В современных экологических условиях изменения окружающей среды человека вызваны сложным переплетением технико-экономических и социальных факторов, воздействие которых в итоге приводит к нарушению экосистем. Формирование патологии происходит в наиболее слабом структурно-функциональном звене человеческой популяции: у восприимчивых контингентов, в первую очередь беременных женщин и детей. Это определяет актуальность изучения региональных особенностей механизмов формирования системы «мать–плод», ее влияния на развитие органов и систем, возникновение акклиматизационного дисбаланса и субкомпенсированной модификации основных фундаментальных биологических процессов (пролиферации, дифференцировки, апоптоза, клеточной сигнальной регуляции и др.), жизнеспособность новорожденного и ребенка. Особенности обмена веществ в отдельных регионах, обусловленные ландшафтно-биогеохимическим своеобразием, дополняются влиянием климата, свойственного данному району. В экстремальных условиях воздействия, которые характерны и для Приамурья, физиологические механизмы адаптивной перестройки организма приводят к изменениям микроэлементного гомеостаза. В связи с представленными данными важной становится проблема антагонизма как токсических, так и эссенциальных микроэлементов, нарушение металлолигандных взаимоотношений у беременной и плода. Прогноз таких последствий и их предупреждение особенно важны в акушерстве и педиатрии (Сокур, Дубровина, 2015; Geraghty et al., 2015; Lewicka et al., 2017).

---

Цель работы – выявить и оценить особенности микроэлементного статуса крови у беременных женщин Приамурья с учетом экологических и этнических аспектов для обоснования индивидуальной коррекции витаминно-минеральными комплексами.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 212 беременных женщин пришлого (европеоиды) и коренного (нанайки) населения, проживающих в городской и сельской местности Приамурья, при первичном обращении и наличии информированного согласия на проведение исследований. Критериями формирования групп служили экологическая (проживание в условиях города и села) и этническая (пришлые европеоиды и коренные нанайки) составляющие. Были сформированы три группы беременных: 1-я группа – пришлые городские ( $n=72$ ), 2-я группа – пришлые сельские ( $n=72$ ), 3-я группа – коренные сельские ( $n=68$ ). Микроэлементный состав (эссенциальные: Cu, Zn, Se; токсические: Cd, Pb) определяли с соблюдением пробоподготовки универсальным методом плазменной спектрометрии на приборе масс-спектрометре ICP-MS Elan 9000 (Канада) в сыворотке и форменных элементах крови, представляющих тканевой уровень, что является диагностически более значимыми и информативным.

Статистическую обработку и оценку полученных данных проводили с использованием программных средств пакета «Statistica» (версия 10), вычислением основных описательных характеристик, достоверности различий в группах с точностью  $p<0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При сравнении данных крови 1-й и 2-й групп беременных изучались экологические особенности микроэлементного статуса. В сыворотке определено следующее достоверное содержание эссенциальных элементов: у пришлых городских беременных Cu =  $1804,0 \pm 115,5$  мкг/л, Zn =  $2610,6 \pm 354,9$  мкг/л, Se =  $64,1 \pm 6,3$  мкг/л; у пришлых сельских женщин более высокие показатели Cu =  $3429,1 \pm 358,1$  мкг/л ( $p=0,0001$ ), Zn =  $4114,5 \pm 548,2$  мкг/л ( $p=0,028$ ) и Se =  $77,1 \pm 7,9$  мкг/л. В форменных элементах крови городских жительниц выявлено: Cu =  $2,46 \pm 0,29$  мкг/г, Zn =  $27,68 \pm 1,04$  мкг/г, Se =  $0,422 \pm 0,0139$  мкг/г; пришлых села: Cu =  $2,65 \pm 0,38$  мкг/г ( $p>0,05$ ), Zn =  $23,08 \pm 1,17$  мкг/г ( $p=0,006$ ), Se =  $0,314 \pm 0,018$  мкг/г ( $p=0,00002$ ). Кроме эссенциальных микроэлементов, определяли наиболее частые токсиканты Cd и Pb, которые у пришлых сельских беременных выявлены в достоверно большем содержании: Cd =  $1,101 \pm 0,461$  мкг/л и Pb =  $44,82 \pm 12,4$  мкг/л, чем у жительниц города: Cd =  $0,086 \pm 0,068$  мкг/л ( $p=0,036$ ) и Pb =  $13,03 \pm 6,56$  мкг/л ( $p=0,030$ ). В форменных элементах крови сохранялась такая же направленность: в группе сельских пришлых беременных Cd =  $0,004 \pm 0,001$  мкг/г и Pb =  $0,129 \pm 0,0312$  мкг/г – больше, чем у городских женщин, у которых Cd =  $0,001 \pm 0,0003$  мкг/г ( $p=0,0044$ ) и Pb =  $0,061 \pm 0,008$  мкг/г ( $p=0,0436$ ). Этническая особенность микроэлементного статуса беременных женщин коренного населения (нанайки) выявлена при сравнении показателей крови с группой сельских пришлых жительниц, проживающих практически в одинаковых климатогеографических условиях, и заключалась в тенденции к снижению в сыворотке Cu =  $3248,2 \pm 346,8$  мкг/л, Zn =  $3812,3 \pm 533,3$  мкг/л, Se =  $74,3 \pm 7,3$  мкг/л, Pb =  $23,81 \pm 6,12$  мкг/л при достоверном повышении Cd =  $3,74 \pm 1,37$  мкг/л ( $p=0,05$ ). При сравнительном анализе данных в форменных элементах крови определена тенденция к снижению Cu =  $1,945 \pm 0,0003$  мкг/г и Pb =  $0,110 \pm 0,026$  мкг/г, к повышению Zn =  $23,94 \pm 1,51$  мкг/г, Se =  $0,325 \pm 0,021$  мкг/г и Cd =  $0,005 \pm 0,001$  мкг/г. Полученные данные косвенно показывают и объясняют причинно-следственные связи между элементным составом крови и использованием различных источников воды, продуктов питания в условиях города и села,

## ВЫВОДЫ

Изученные некоторые особенности микроэлементного статуса крови у беременных пришлого и коренного населения Приамурья носят эколого-этнический характер и проявляются достоверным повышением уровней Cu, Zn, Se и Cd, Pb в сыворотке, сопровождающиеся снижением концентрации Zn, Se и увеличением Cd, Pb в клетках крови у пришлых сельских беременных в сравнении с городскими женщинами. У коренных беременных женщин (нанайки) определена тенденция к снижению Cu, Zn, Se, Pb, накоп-

лению Cd в сыворотке, а также снижению Cu, Pb, повышению Zn, Se, Cd в клетках крови в сравнении с пришлыми женщинами, проживающими в одной сельской местности. Выявленный дисбаланс эссенциальных и токсических микроэлементов является обоснованием дополнительной индивидуальной коррекции установленных изменений и требует проведения дальнейших исследований по контролю и оценке эффективности профилактических мероприятий в период гестации и на этапе прегравидарной подготовки.

### **Список литературы / References**

1. Сокур Т.Н., Дубровина Н.В. Витамины и минералы: значимость приема во время беременности. Гинекология. 2015; 17(6): 27–31. [Sokur T.N., Dubrovina N.V. Vitamins and minerals: importance of use during pregnancy. Gynecology. 2015; 17(6): 27–31. (in Russian.)].
2. Geraghty A.A., Lindsay K.L., Alberdi G., et al. Nutrition During Pregnancy Impacts Offspring's Epigenetic Status-Evidence from Human and Animal Studies. Metab Insights. 2015, 8(Suppl1): 41–47.
3. Lewicka I., Kocylowski R., Grzesiak M., et al. Selected trace elements concentrations in pregnancy and their possible role – literature review. Ginekologia Polska. 2017; 88(9): 509–514.

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-33

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОТОКСИЧНОСТИ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОТНОШЕНИИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ МИКРОБИОМА КИШЕЧНИКА**

**О.А. Филиппова\*, Ю.А. Плотникова, Л.Р. Мусина, Ж.Б. Сулименова, Сизенцов Я.А.**

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13

\*e-mail: olga.filippova98@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** Сбалансированное соотношение эссенциальных элементов является ключевым показателем функционирования организма на физиологически значимом уровне. В системе биодоступности элементов в организм важную роль выполняет микробиом кишечника, активно участвующий в конструктивных метаболических процессах. Полученные в процессе экспериментов данные свидетельствуют о наличии выраженной биотоксичности соединений Fe, Cu и Zn в отношении всех исследуемых штаммов и относительной толерантности в отношении высоких концентраций Mg и Mn. Распределение показателей резистентности неоднородно и имеет индивидуальные характеристики устойчивости в отношении исследуемых элементов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** микробиом, эссенциальные элементы, биотоксичность.

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOTOXICITY OF ESSENTIAL ELEMENTS IN RELATION TO REPRESENTATIVES OF THE INTESTINAL MICROBIOME**

**O.A. Filippova\*, Ya.A. Plotnikova, L.R. Musina, Zh.B. Sulimenova, Yu.A. Sizentsov**

Orenburg State University, 13, Pobedy ave, 460018, Orenburg, Russia

\*e-mail: olga.filippova98@mail.ru

**ABSTRACT.** A balanced ratio of essential elements is a key indicator of the functioning of the body at a physiologically significant level. In the system of bioavailability of elements in the body, an important role is played by the intestinal microbiome, which is actively involved in constructive metabolic processes. The data obtained during the experiments indicate the presence of pronounced biotoxicity of the Fe, Cu and Zn compounds in relation to all studied strains and relative tolerance in relation to high concentrations of Mg and Mn. The distribution of resistance indicators is heterogeneous and has individual characteristics of resistance in relation to the studied elements.

**KEYWORDS:** microbiome, essential elements, biotoxicity.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Ключевым показателем функционирования организма на физиологически значимом уровне является сбалансированное соотношение эссенциальных элементов. В системе биодоступности элементов в организм важную роль выполняет микробиом кишечника, активно участвующий в конструктивных метаболических процессах.

Цель работы – сравнительный анализ биотоксичности эссенциальных элементов в отношении представителей микробиома кишечника

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования служили факультативно-анаэробной нормофлоры кишечника крыс (*Enterococcus faecium*, *Lactobacillus acidophilus*, *Escherichia coli*). В качестве регулирующих рост факторов использовали FeSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, MnSO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub> общим критерием для выбранных соединений считали их высокий уровень диссоциации в водных растворах, позволяющий в короткие промежутки времени создать высокие концентрации активных форм катионов в субстрате. Оценку уровня толерантности исследуемых микроорганизмов проводили с использованием комбинации методик диффузии в агар и серийных разведений (Sizentsov et al., 2018).

**Таблица. Влияние биотоксичности исследуемых эссенциальных элементов на изоляты микробиома кишечника лабораторных животных**

Соли металлов	Концентрация		Зона подавления роста, мм		
	М	мг/мл	<i>E. faecium</i>	<i>L. acidophilus</i>	<i>E. coli</i>
FeSO <sub>4</sub>	2	750	22,500 ± 0,444	12,300 ± 0,745	27,300 ± 0,577
	1	375	19,500 ± 0,408	9,800 ± 0,484	25,100 ± 0,309
	0,5	187,5	14,800 ± 0,111	5,600 ± 0,643	23,800 ± 0,200
	0,25	93,8	11,100 ± 0,260	–	20,200 ± 0,146
MgSO <sub>4</sub>	2	660	21,700 ± 0,741	–	9,300 ± 1,795
	1	330	10,100 ± 2,568	–	–
	0,5	165	7,400 ± 1,871	–	–
	0,25	82,5	–	–	–
MnSO <sub>4</sub>	2	302	24,200 ± 0,426	18,000 ± 0,258	25,400 ± 0,392
	1	151	18,000 ± 0,337	15,600 ± 0,305	18,800 ± 0,435
	0,5	75,5	–	12,700 ± 0,422	10,800 ± 0,377
	0,25	37,8	–	–	–
CuSO <sub>4</sub>	2	318,4	32,300±1,336	34,700±2,332	32,300±3,281
	1	159,6	30,700±1,450	31,000±0,580	30,000±3,050
	0,5	79,8	25,700±0,330	26,300±0,333	26,300±0,333
	0,25	39,9	16,700±3,181	19,300±1,200	22,000±3,510
ZnSO <sub>4</sub>	2	323	33,300±1,665	34,300±2,333	31,300±1,681
	1	161,5	28,000±1,121	32,300±1,330	27,700±2,945
	0,5	80,8	25,700±1,872	28,000±1,322	26,300±2,210
	0,25	40,4	21,000±2,545	24,000±1,421	23,300±0,842

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные в результате экспериментальных исследований данные свидетельствуют о выраженном ингибирующем эффекте высоких концентраций Fe, Cu и Zn в отношении тест-организмов (таблица). Следует отметить видовую резистентность *L. acidophilus* в отношении высоких катионных нагрузок железа на субстрат в концентрации 0,25 М и выраженной устойчивости к воздействию Mg (2 М).

Минимальные уровни токсичности исследуемых элементов зарегистрированы при взаимодействии изолятов с катионами Mg (*E. coli* в концентрации 1 М) и Mn (*E. faecium* в концентрации 0,5 М). Практическая значимость полученных результатов позволит использовать накопленные данные при создании се-

лективных питательных сред для выделения и идентификации представителей микробиома, а также интерпретировать данные экспериментов *in vivo*, направленных на оценку влияния микробиома на элементный статус.

## ВЫВОДЫ

Анализ данных позволяет предположить наличие стратегии детоксикации, направленной на ферментативную детоксикацию (аккумуляцию) металла до нетоксичной биологически активной формы (депонирование), на поверхностных компонентах клетки (Пищик и др., 2016).

## Список литературы / References

1. Sizentsov A.N., Cherkasov S.V., Karpova G.V., Bibartseva E.V., Kvan O.V., Kunavina E.A., Levenets T.V., Strekalovskaya A.D. The technology of chemical compound biotoxicity assessment by the method of agar basins. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). 2018; 9(11): 455–46.
2. Пищик В.Н., Воробьев Н.И., Проворов Н.А., Хомяков Ю.В. Механизмы адаптации растений и микроорганизмов в растительно-микробных системах к тяжелым металлам. Микробиология. 2016; 85(3): 231–247 [Pishhik V.N., Vorob'ev N.I., Provovov N.A., Homjakov Ju.V. Mehanizmy adaptacii rastenij i mikroorganizmov v rasti-tel'no-mikrobnnyh sistemah k tjazhelym metallam. Mikrobiologija. 2016; 85(3): 231–247].

DOI: 10.19112/2413-6174-2021-S1-34

## ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ И МЕЛАТОНИНА В ХРУСТАЛИКАХ ГЛАЗ КРЫС ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ КАТАРАКТЫ

**А.Д. Чупров<sup>1</sup>, В.М. Треушников<sup>2</sup>, С.В. Нотова<sup>3,4</sup>, С.М. Ким<sup>1</sup>,  
Т.В. Казакова<sup>3,4</sup>, О.В. Маршинская<sup>3,4\*</sup>**

<sup>1</sup> Оренбургский филиал «НМИЦ МНТК «Микрохирургия глаза»  
им. акад. С.Н. Федорова» Минздрава РФ, г. Оренбург, Россия

<sup>2</sup> ООО «Предприятие «Репер-НН», г. Нижний Новгород, Россия

<sup>3</sup> Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН,  
г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, Россия

<sup>4</sup> Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, пр. Победы, 13, Россия  
\*e-mail: m.olja2013@yandex.ru

**РЕЗЮМЕ.** Изучен элементный состав катарактальных и некатарактальных хрусталиков глаз крыс. Исследование проведено на крысах Wistar ( $n = 30$ ), из числа которых были сформированы две группы: контрольная и опытная. Животным опытной группы моделировали возрастную катаракту с помощью ультрафиолетового облучения в течение 6 месяцев, после чего осуществляли забор хрусталиков глаз. С помощью атомно-эмиссионного и масс-спектрального анализа с индуктивно связанной плазмой изучен химический состав образцов. Выявлено, что с развитием катаракты наблюдается снижение уровня мелатонина, а также дисбаланс макроэлементов в хрусталиках глаз, который сопровождается повышением уровня кальция и натрия на фоне понижения калия, магния и фосфора.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** макроэлементы, мелатонин, катаракта.

## ASSESSMENT OF THE CONTENT OF MACRONUTRIENTS AND MELATONIN IN THE LENS OF RAT EYES AT MODELING CATARACTS

**A.D. Chuprov<sup>1</sup>, V.M. Treushnikov<sup>2</sup>, S.V. Notova<sup>3,4</sup>, S.M. Kim<sup>1</sup>, T.V. Kazakova<sup>3,4</sup>, O.V. Marshinskaia<sup>3,4</sup>**

<sup>1</sup> N. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution of the Russian Ministry of Health, Orenburg, Russia

<sup>2</sup> Research and Development enterprise LLC «Reper-NN», Nizhny Novgorod, Russia

<sup>3</sup> Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies RAS, Orenburg, 29, 9  
Yanvarya str., Russia

<sup>4</sup> Orenburg State University, Orenburg, Pobedy ave., 13, Russia  
\*e-mail: m.olja2013@yandex.ru

**ABSTRACT.** In this study, the elemental composition of the cataract and non-cataract lenses of the eyes of rats was studied. The study was conducted on Wistar rats ( $n = 30$ ), from which two groups were formed: control and experimental. The

---

animals of the experimental group were simulated age-related cataracts using ultraviolet radiation for 6 months, after which the lenses of the eyes were taken. The chemical composition of the samples was studied using atomic emission and mass spectral analysis with inductively coupled plasma. It was revealed that with the development of cataracts, there is a decrease in the level of melatonin, as well as an imbalance of macronutrients in the lenses of the eyes, which is accompanied by an increase in the level of calcium and sodium against the background of a decrease in potassium, magnesium and phosphorus.

**KEYWORDS:** trace elements, melatonin, cataract.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Помутнение хрусталика глаза – одна из наиболее сложных проблем в офтальмологии, которая приводит к развитию катаракты. По оценкам, 95 млн человек во всем мире страдают от данного заболевания (Liu et al., 2017). Согласно литературным данным, макро- и микроэлементы играют важную роль в патогенезе ряда офтальмологических заболеваний, включая катаракту (Dolar-Szczasny et al., 2019). В последние годы также увеличилось количество исследований, доказывающих значимость мелатонина в различных аспектах физиологии зрительного анализатора (Marjan Khorsand et al., 2016).

Цель исследования – изучение элементного состава и содержания мелатонина в катарактальных и некатарактальных хрусталиках глаз крыс.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследование проведено на крысах Wistar ( $n = 30$ ), из числа которых были сформированы две группы: контрольная и опытная. Животным опытной группы моделировали возрастную катаракту с помощью ультрафиолетового облучения в течение 6 месяцев, после чего осуществляли забор хрусталиков глаз. Элементный статус оценивали посредством изучения химического состава хрусталиков методами ИСП-АЭС и ИСП-МС в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва). Определение содержания мелатонина проводили с помощью иммуноферментного анализа с использованием набора Rat MT (Melatonin) ElisaKit. Обработку полученных данных проводили при помощи методов вариационной статистики с использованием статистического пакета «StatSoft STATISTICA 10». Применялись непараметрические процедуры обработки статистических совокупностей ( $U$ -критерий Манна–Уитни).

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Установлено, что с развитием катаракты наблюдается дисбаланс макроэлементов в хрусталиках глаз, который сопровождается повышением уровня Са в десятки раз ( $p = 0,002$ ), Na в 1,4 раза ( $p=0,12$ ) на фоне понижения К в 1,2 раза ( $p=0,07$ ), Mg в 2 раза ( $p=0,002$ ) и Р в 1,3 раза ( $p=0,003$ ) относительно животных контрольной группы. Уровень мелатонина хрусталиков в опытной группе был статистически значимо ниже контрольных значений в 1,2 раза ( $p=0,039$ ).

## **ВЫВОДЫ**

Генерация активных форм кислорода под действием ультрафиолета приводит к изменению проницаемости мембран клеток и, как следствие, нарушению гомеостаза элементов. Выявленное в эксперименте снижение уровня мелатонина вполне оправдано, учитывая протективное действие этого нейрогормона при индуцировании образования экзогенных активных форм кислорода ультрафиолетовым излучением.

## **Список литературы / References**

1. Liu Y.C., Wilkins M., Kim T., Malyugin B. Cataracts. *Lancet*. 2017; 390(10094):600–612.
2. Dolar-Szczasny J., Święch A., Flieger J., Tatarczak-Michalewska M., Niedzielski P., Proch J., Majerek D., Kawka J., Mackiewicz J. Levels of Trace Elements in the Aqueous Humor of Cataract Patients Measured by the Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry. *Molecules*. 2019; 24(22): 4127.
3. Marjan Khorsand, Masoumeh Akmal, Sahab Sharzad, Mojtaba Beheshtitabar. Melatonin Reduces Cataract Formation and Aldose Reductase Activity in Lenses of Streptozotocin-induced Diabetic Rat. *Iranian Journal of Medical Sciences*. 2016; 41(4): 305–313.

---

# СОДЕРЖАНИЕ

---

## ORIGANUM VULGARE И МОЛОЧНАЯ СЫВОРОТКА КАК КОМПОНЕНТЫ НОВОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАПИТКА

*Е.С. Алешина, Е.А. Дроздова*

*ORIGANUM VULGARE AND MILK SERUM AS COMPONENTS OF NEW FUNCTIONAL DRINKS*

*E.S. Aleshina, E.A. Drozdova* ..... 7

## ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК, ПРОБИОТИЧЕСКИХ ШТАММОВ И ИХ КОМПЛЕКСОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ КАРПА

*А.Е. Аринжанов, Е.П. Мирошникова, А.Н. Сизенцов, Ю.В. Киякова*

*INFLUENCE OF ULTRADISPERSED FEED ADDITIVES, PROBIOTIC STRAINS  
AND THEIR COMPLEXES ON THE CONTENT  
OF ESSENTIAL TRACE ELEMENTS IN THE CARP BODY*

*A.E. Arinzhanov, E.P. Miroshnikova, A.N. Sizentsov, Y.V. Kilyakova* ..... 9

## МЕТАБОЛИЗМ НИКЕЛЯ В ТКАНЯХ ГИДРОБИОНТОВ НА ФОНЕ ПРИСУТСТВИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦ

*А.Е. Аринжанов, Е.П. Мирошникова, Ю.В. Киякова*

*NICKEL METABOLISM IN HYDROBIONTS TISSUES AGAINST THE BACKGROUND  
OF NICKEL-CONTAINING NANOPARTICLES IN AQUATIC ENVIRONMENT*

*A.E. Arinzhanov, E.P. Miroshnikova, Y.V. Kilyakova* ..... 11

## ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ Cu и CuO НА АНТИОКСИДАНТНУЮ СИСТЕМУ *DANIORERIO*

*Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Киякова*

*THE EFFECT OF Cu AND CuO NANOPARTICLES  
ON DANIO RERIO ANTIOXIDANT SYSTEM*

*E.P. Miroshnikova, A.E. Arinzhanov, Y.V. Kilyakova* ..... 12

## МИКРОБИОМ КИШЕЧНИКА И ОБМЕН МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ТЕЛЕ РЫБ НА ФОНЕ ПРИСУТСТВИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ НАНОЧАСТИЦ МОЛИБДЕНА

*Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Киякова*

*GUT MICROBIOME AND MACROELEMENTS METABOLISM IN FISH BODY  
AGAINST THE BACKGROUND OF MOLYBDENUM NANOPARTICLES  
IN AQUATIC ENVIRONMENT*

*E.P. Miroshnikova, A.E. Arinzhanov, Y.V. Kilyakova* ..... 14

## ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС РЫБ ПРИ ВВЕДЕНИИ В РАЦИОН НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА, ФЕРМЕНТНЫХ И ПРОБИОТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

*Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Киякова*

*FISH ELEMENTAL STATUS WHEN INCLUDING IRON NANOPARTICLES,  
ENZYME AND PROBIOTIC PREPARATIONS INTO THE DIET*

*E.P. Miroshnikova, A.E. Arinzhanov, Y.V. Kilyakova* ..... 15

## ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЯВЛЕНИЙ ДИФФУЗНОГО НЕТОКСИЧЕСКОГО ЗОБА КАК МАРКЕРА БИОЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА ЧЕЛОВЕКА

*Е.С. Барышева*

*CHARACTERISTICS OF THE MANIFESTATIONS OF DIFFUSE NON-TOXIC GOITER  
AS A MARKER OF HUMAN BIOELEMENT STATUS*

*E.S. Barysheva* ..... 17

## ЗНАЧЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПИТАНИИ СТУДЕНТОВ

*А.В. Берестова, О.В. Баранова, В.П. Попов, О.В. Кван*

*THE IMPORTANCE OF TRACE ELEMENTS IN THE NUTRITION OF STUDENTS*

*A.V. Berestova, O.V. Baranova, V.P. Popov, O.V. Kvan* ..... 19

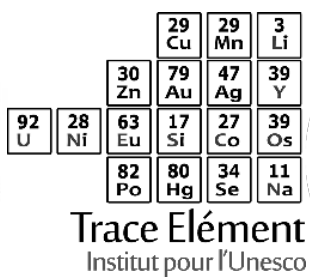
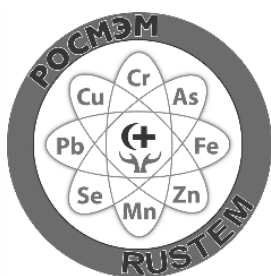
ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА У ДЕТЕЙ С ОЖИРЕНИЕМ <i>Н.В. Болотова, Н.Ю. Филина, Е.А. Петрухина, Н.А. Николаева, А.А. Акопян</i> SPECIFICITIES OF TRACE ELEMENTS IN CHILDREN WITH OBESITY <i>N.V. Bolotova, N.Yu. Filina, E.A. Petrukhhina, N.A. Nikolaeva, A.A. Akopyan</i> .....	20
ВОЗРАСТ-ОБУСЛОВЛЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО ПРОФИЛЯ ЛИМФОУЗЛОВ С УЧЕТОМ ИХ ЛОКАЛИЗАЦИИ <i>В.Н. Горчаков, Ю.П. Колмогоров, О.В. Горчакова</i> AGE-CAUSED CHANGE OF THE MICROELEMENT PROFILE OF LYMPH NODES OF DIFFERENT LOCALIZATION <i>V.N. Gorchakov, Yu.P. Kolmogorov, O.V. Gorchakova</i> .....	22
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЧЕТАННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТОВ МАГНИЯ И МИКРОНИЗИРОВАННОГО ПРОГЕСТЕРОНА ПРИ УГРОЗЕ НЕВЫНАШИВАНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ <i>Е.А. Дубровина, Г.В. Дубровина, С.В. Нотова</i> EVALUATION OF BLOOD MAGNESIUM LEVEL AND FUNCTIONAL STATE OF WOMEN AT THE THREAT OF PERMANENT PREGNANCY <i>E.A. Dubrovina, G.V. Dubrovina, S.V. Notova</i> .....	26
ВЛИЯНИЕ ДИСБАЛАНСА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ИММУНИТЕТ <i>Г.П. Евсеева, С.В. Супрун, Е.Н. Супрун, Е.В. Ракицкая, В.К. Козлов, О.А. Лебедько</i> INFLUENCE OF TRACE ELEMENTS IMBALANCE ON IMMUNITY <i>G.P. Evseeva, S.V. Suprun, E.N. Suprun, E.V. Rakitskaya, V.K. Kozlov, O.A. Lebed'ko</i> .....	27
АЛЬФА-АКТИВНОСТЬ ЭЭГ И СОСТОЯНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО БАЛАНСА В ОРГАНИЗМЕ ПОДРОСТКОВ <i>Е.В. Евстафьева, О.А. Залата, С.А. Зинченко, И.А. Евстафьева, А.Г. Трибрат</i> ALPHA EEG ACTIVITY AND ELEMENTAL BALANCE IN ADOLESCENT ORGANISM <i>E.V. Evstafyeva, O.A., Zalata, S.A. Zinchenko, I.A. Evstafyeva, A.G. Tribirat</i> .....	28
СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ТОКСИЧНЫХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ И В БИОСУБСТРАТАХ ДЕТЕЙ-ДОШКОЛЬНИКОВ НА СЕЛЬСКИХ И УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>А.В. Еремейшвили, С.А. Рябушева, А.А. Емельянова</i> THE CONTENT OF TRACE ELEMENTS OF TOXIC HEAVY METALS IN THE ENVIRONMENT AND IN THE BIOSUBSTRATES OF PRESCHOOL CHILDREN IN RURAL AND URBANIZED TERRITORIES OF THE YAROSLAVL REGION <i>A.V. Ereimeishvili, S. A. Ryabusheva, A. A. Emelyanova</i> .....	30
ЗДОРОВЬЕ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ КРУПНОГО МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО КОМБИНАТА <i>Г.Н. Киреева, Е.В. Жуковская</i> HEALTH OF CHILDREN LIVING IN THE AREA OF OPERATION OF A LARGE COPPER SMELTER <i>G.N. Kireeva, E.V. Zhyukovskfya</i> .....	33
ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СИБАЙСКОГО КАРЬЕРА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН <i>Г.Р. Ильбулова, И.Н. Семенова, Я.Т. Суюндуков, Р.Ф. Хасанова, М.Б. Суюндукова</i> ECOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF THE STATE OF SOILS IN THE IMPACT ZONE OF THE SIBAY QUARRY OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN <i>G.R. Ilbulova, I.N. Semenova, Ya.T. Suyundukov, R.F. Khasanova, M.B. Suyundukova</i> .....	35
К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ COVID-19 <i>М.В. Капитальчук</i> ON THE IMPACT OF BIOGEOCHEMICAL CONDITIONS ON THE INCIDENCE OF COVID-19 <i>M.V. Kapitalchuk</i> .....	37



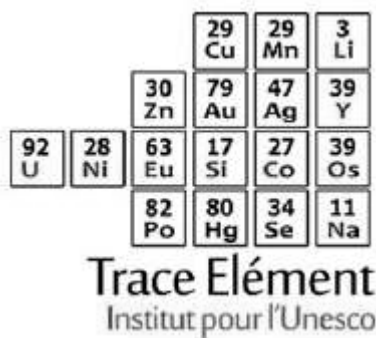
ПРОФИЛЬ АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ МИКРОФЛОРЫ КИШЕЧНИКА ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ В КОРМЛЕНИИ <i>И.Ф. Каримов, Е.П. Мирошникова, М.С. Мирошникова, В.А. Антипов</i>	
ANTIBIOTIC RESISTANCE PROFILE OF BROILER CHICKENS INTESTINAL MICROFLORA WHEN USING METAL NANOPARTICLES IN FEEDING <i>I.F. Karimov, E.P. Miroshnikova, M.S. Miroshnikova, V.A. Antipov</i>	39
ВЛИЯНИЕ ГЛУТАТИОН-СОДЕРЖАЩИХ ДИНИТРОЗИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЖЕЛЕЗА НА ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ КРОВИ КРЫС <i>А.К. Мартусевич, А.Г. Соловьева, Л.К. Ковалева</i>	
THE INFLUENCE OF GLUTATHIONE-CONTAINING DINITROSYL IRON COMPLEXES ON BLOOD OXIDATIVE METABOLISM IN RATS <i>A.K. Martuseivch, A.G. Soloveva, L.K. Kovaleva</i>	40
ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПРИ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ 2-ГО ТИПА <i>О.В. Маршинская, Т.В. Казакова, С.В. Нотова, М.К. Молчанов</i>	
CHANGES IN THE CONTENT OF MACRO-AND TRACE ELEMENTS IN TYPE 2 DIABETES MELLITUS <i>O.V. Marshinskaya, T.V. Kazakova, S.V. Notova, M.K. Molchanov</i>	44
ВЛИЯНИЕ ПАССИВНОГО КУРЕНИЯ НА МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС АМНИОТИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ <i>О.В. Маршинская, Т.В. Казакова, С.В. Нотова, Л.В. Лизурчик</i>	
THE INFLUENCE OF PASSIVE SMOKING ON THE MICROELEMENT STATUS OF THE AMNIOTIC FLUID IN THE EXPERIMENT <i>O.V. Marshinskaya, T.V. Kazakova, S.V. Notova, L.V. Lizyurichik</i>	44
ОБОГАЩЕНИЕ ПРОДУКТОВ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА БИОЭЛЕМЕНТАМИ <i>П.В. Медведев, В.А. Федотов</i>	
ENRICHMENT OF BAKERY PRODUCTS WITH BIOELEMENTS <i>P.V. Medvedev, V.A. Fedotov</i>	45
ВЛИЯНИЕ БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ В СТРУКТУРЕ РАЦИОНА КАРПА НА СТРУКТУРУ МИКРОБИОМА КИШЕЧНИКА И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС <i>Е.П. Мирошникова, А.Н. Сизенцов, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Киякова</i>	
INFLUENCE OF BIOTIC AND ABIOTIC COMPONENTS IN THE STRUCTURE OF THE CARP DIET ON THE STRUCTURE OF THE INTESTINAL MICROBIOME AND ELEMENTAL STATUS <i>E.P. Miroshnikova, A.N. Sizentsov, A.E. Arinzhanov, Yu.V. Kilyakova</i>	47
ТОКСИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ТКАНЯХ МОЛОДИ СТЕРЛЯДИ ( <i>ACIPEN SERRUTHENUS</i> ) ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ В РАЦИОН НАНОЧАСТИЦ СПЛАВА Cu-Zn И КУЛЬТУРЫ <i>BACILLUS SUBTILIS</i> <i>Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов, Ю.В. Киякова, М.С. Мирошникова</i>	
TOXIC ELEMENTS IN JUVENILE STERLET TISSUE ( <i>ACIPEN SERRUTHENUS</i> ) AT THE INCLUSION OF Cu-Zn ALLOY AND <i>BACILLUS SUBTILIS</i> CULTURE IN DIET <i>E.P. Miroshnikova, A.E. Arinzhanov, Y.V. Kilyakova, M.S. Miroshnikova</i>	49
ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО ДИСБАЛАНСА У ПОДРОСТКОВ РАЗНЫХ ЭТНИЧЕСКИХ ГРУПП ХАБАРОВСКОГО КРАЯ <i>А.О. Нестеренко, Г.П. Евсеева, Е.Д. Целых</i>	
STUDY OF THE FACTORS OF THE FORMATION OF ELEMENTAL IMBALANCE IN THE BODY OF ADOLESCENTS OF DIFFERENT ETHNIC GROUPS IN KHABAROVSK TERRITORY <i>A.O. Nesterenko, G.P. Evseeva, E.D. Tselykh</i>	51

ВИДОВОЙ АНАЛИЗ МЕДИ У КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ НАКОПЛЕНИЯ СВИНЦА <i>С.В. Нотова, О.В. Маршинская, Т.В. Казакова</i>	
COPPER SPECIES ANALYSIS IN CATTLE DEPENDING ON THE LEVEL OF LEAD ACCUMULATION <i>S.V. Notova, O.V. Marshinskaia, T.V. Kazakova</i>	53
ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА В ПОБЕГАХ ПШЕНИЦЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ЖЕЛЕЗА <i>Е.А. Осипова, С.В. Лебедев</i>	
VARIATION IN THE CONTENT OF CHLOROPHYLL IN WHEAT UNDER THE INFLUENCE OF VARIOUS FORMS OF IRON <i>E.A. Osipova, S.V. Lebedev</i>	54
ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАДМИЯ В ОБЪЕКТАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И БИОЦЕНОЗАХ НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОРЕНБУРЖЬЯ <i>Е.В. Сальникова, А.Н. Сизенцов, В.И. Пелих, Я.А. Сизенцов, Т.Ф. Тарасова</i>	
ASSESSMENT OF THE DISTRIBUTION OF CADMIUM IN OBJECTS OF THE ECOLOGICAL SYSTEM AND BIOCEANOSES ON THE EXAMPLE OF THE CENTRAL ZONE OF THE ORENBURG REGION <i>E.V. Salnikova, A.N. Sizentsov, V.I. Pelikh, Ya.A. Sizentsov, T.F. Tarasova</i>	56
СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В КОМПОНЕНТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРНОРУДНОГО РЕГИОНА <i>И.Н. Семенова, Ю.С. Рафикова, Р.Ф. Хасанова, Г.Р. Ильбулова, М.Б. Суюндукова, Я.Т. Суюндуков</i>	
CONTENT OF METALS IN THE ENVIRONMENTAL COMPONENTS OF THE MINING REGION <i>I.N. Semenova, Yu.S. Rafikova, R.F. Khasanova, G.R. Ilbulova, M.B. Suyundukova, Ya.T. Suyundukov</i>	58
НИКЕЛЬ: ПОТРЕБЛЕНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ В КРОВИ СРЕДИ ГРУПП С РАЗЛИЧНЫМ ПИЩЕВЫМ ПОВЕДЕНИЕМ <i>Е.И. Сидорова, А.В. Гальченко</i>	
NICKEL: CONSUMPTION AND SERUM CONCENTRATIONS IN GROUPS WITH DIFFERENT NUTRITIONAL BEHAVIOR <i>E.I. Sidorova, A.V. Galchenko</i>	60
ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ МИКРОБНОЙ БИОРЕМЕДИАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПРИМЕРЕ КОБАЛЬТА И МЕДИ <i>А.Н. Сизенцов, Е.В. Сальникова, Я.А. Сизенцов, Т.А. Климова</i>	
OF HEAVY METALS BY THE EXAMPLE OF COBALT AND COPPER <i>A.N. Sizentsov, E.V. Salnikova, Yu.A. Sizentsov, T.A. Klimova</i>	63
ЭКОЛОГО-ЭТНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА КРОВИ У БЕРЕМЕННЫХ ЖЕНЩИН ПРИАМУРЬЯ <i>С.В. Супрун, Г.П. Евсеева, О.С. Кудряшова, Н.И. Кудерова, О.А. Лебедько</i>	
ECOLOGICAL AND ETHNIC FEATURES OF THE MICROELEMENT STATUS OF BLOOD IN PREGNANT WOMEN OF PRIAMURIE <i>S.V. Suprun, G.P. Evseeva, O.S. Kudryashova, N.I. Kuderova, O.A. Lebed'ko</i>	65
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОТОКСИЧНОСТИ ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОТНОШЕНИИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ МИКРОБИОМА КИШЕЧНИКА <i>О.А. Филиппова, Ю.А. Плотникова, Л.Р. Мусина, Ж.Б. Сулименова, Сизенцов Я.А.</i>	
COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOTOXICITY OF ESSENTIAL ELEMENTS IN RELATION TO REPRESENTATIVES OF THE INTESTINAL MICROBIOME <i>O.A. Filippova, Ya.A. Plotnikova, L.R. Musina, Zh.B. Sulimenova, Yu.A. Sizentsov</i>	67
ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ И МЕЛАТОНИНА В ХРУСТАЛИКАХ ГЛАЗ КРЫС ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ КАТАРАКТЫ <i>А.Д. Чупров, В.М. Треушников, С.В. Нотова, С.М. Ким, Т.В. Казакова, О.В. Маршинская</i>	
ASSESSMENT OF THE CONTENT OF MACRONUTRIENTS AND MELATONIN IN THE LENS OF RAT EYES AT MODELING CATARACTS <i>A.D. Chuprov, V.M. Treushnikov, S.V. Notova, S.M. Kim, T.V. Kazakova, O.V. Marshinskaia</i>	69

## ОРГАНИЗАТОРЫ



## СПОНСОРЫ



## ДЛЯ ЗАМЕТОК

---

---