

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 1(29)

2023 г.

Учредитель

Государственное учреждение
«Республиканский научно-
практический центр
радиационной медицины
и экологии человека»

Журнал включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования диссертационных исследований по медицинской и биологической отраслям науки (31.12.2009, протокол 25/1)

Журнал зарегистрирован

Министерством информации
Республики Беларусь,
Свид. № 762 от 6.11.2009

Подписано в печать 30.04.23
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 130 экз.
Усл. печ. л. 15,5. Уч.-изд. л. 9,7.
Зак. 165.

Издатель ГУ «Республиканский
научно-практический центр
радиационной медицины и
экологии человека»
Свидетельство N 1/410 от 14.08.2014

Отпечатано в КУП
«Редакция газеты
«Гомельская праўда»
г. Гомель, ул. Полесская, 17а

ISSN 2074-2088

Главный редактор, председатель редакционной коллегии

А.В. Рожко (д.м.н., профессор)

Редакционная коллегия

В.С. Аверин (д.б.н., профессор, зам. гл. редактора), В.В. Аничкин (д.м.н., профессор), В.Н. Беляковский (д.м.н., профессор), К.Н. Буздакин (к.т.н., доцент), Н.Г. Власова (д.б.н., профессор, научный редактор), А.В. Величко (к.м.н., доцент), И.В. Веякин (к.б.н., доцент), А.В. Воропаева (к.б.н., доцент), Д.И. Гавриленко (к.м.н.), М.О. Досина (к.б.н., доцент), А.В. Жарикова (к.м.н.), С.В. Зыблева (к.м.н., доцент, отв. секретарь), С.А. Игумнов (д.м.н., профессор), А.В. Коротаяев (к.м.н., доцент), Д.В. Кравченко (к.м.н.), А.Н. Лызинов (д.м.н., профессор), А.В. Макарич (к.м.н., доцент), С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор), В.М. Мишура (д.м.н., доцент), Я.Л. Навменова (к.м.н., доцент), Э.А. Надьров (к.м.н., доцент), И.А. Новикова (д.м.н., профессор), Э.Н. Платошкин (к.м.н., доцент), Э.А. Повелица (к.м.н.), А.С. Подгорная (к.м.н.), Ю.И. Рожко (к.м.н., доцент), И.П. Ромашевская (к.м.н.), М.Г. Русаленко (к.м.н., доцент), А.П. Саивончик (к.б.н.), А.Е. Силин (к.б.н., доцент), А.Н. Стожаров (д.б.н., профессор), И.О. Стома (д.м.н., профессор), Н.И. Шевченко (к.б.н., доцент), Ю.И. Ярец (к.м.н., доцент)

Редакционный совет

А.В. Аклеев (д.м.н., профессор, Челябинск), О.В. Алейникова (д.м.н., чл.-кор. НАН РБ, Минск), С.С. Алексанин (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Д.А. Базыка (д.м.н., профессор, Киев), А.П. Бирюков (д.м.н., профессор, Москва), Е.А. Богдан (Минск), Л.А. Бокерия (д.м.н., академик РАН и РАМН, Москва), А.Ю. Бушманов (д.м.н., профессор, Москва), И.И. Дедов (д.м.н., академик РАМН, Москва), В.И. Жарко (Минск), М.П. Захарченко (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Л.А. Ильин (д.м.н., академик РАМН, Москва), К.В. Котенко (д.м.н., профессор, Москва), В.Ю. Кравцов (д.б.н., профессор, Санкт-Петербург), Е.Н. Кроткова (к.м.н., доцент, Минск), Н.Г. Кручинский (д.м.н., профессор, Пинск), Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), Д.Л. Пиневиц (МЗ РБ, Минск), В.Ю. Рыбников (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Д. Тронько (д.м.н., чл.-кор. НАН, акад. НАМН Украины, Киев), А.Л. Усс (д.м.н., профессор, Минск), В.А. Филонюк (д.м.н., профессор, Минск), Р.А. Часнойть (к.э.н., Минск), В.Д. Шило (Минск)

Технический редактор

С.Н. Никонович

Адрес редакции 246040 г. Гомель, ул. Ильича, д. 290,

ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», редакция журнала
тел (0232) 38-95-00, факс (0232) 37-80-97
<http://www.mbp.rcrm.by> e-mail: mbp@rcrm.by

© Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический центр
радиационной медицины и экологии человека», 2023

№ 1(29)

2023

Medical and Biological Problems of Life Activity

Scientific and Practical Journal

Founder

Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

Journal registration
by the Ministry of information
of Republic of Belarus

Certificate № 762 of 6.11.2009

© Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

ISSN 2074-2088

Обзоры и проблемные статьи**Reviews and problem articles**

Д.А. Евсеенко, З.А. Дундаров, Ю.И. Галицкая

Патофизиологические аспекты свободнорадикальных механизмов формирования кожных рубцов

6

D. Evseenko, Z. Dundarov, Y. Galitskaya

Pathophysiological aspects of free radical mechanisms of formation of skin scars

Н.Д. Пузан, И.А. Чешик

Молекулярные механизмы действия ионизирующего излучения. Влияние облучения на белок (обзор литературы)

14

N.D. Puzan, I.A. Cheshik

Molecular mechanisms of effects of ionizing radiation action. Irradiation effect on protein (literary review)

Медико-биологические проблемы**Medical-biological problems**

Али Адиб Хуссейн Али, О.Е. Кузнецов
Элементный состав тканей в норме и при ожирении у крыс линии Wistar

27

A.A.H. Ali, O.E. Kuznetsov

Elemental composition of tissues in normal and obese Wistar rats

Е.К. Нилова, К.Н. Буздалькин

Методы экспресс-оценки радиационной обстановки с применением мобильной лаборатории в чрезвычайных ситуациях

35

E.K. Nilova, K.N. Buzdalkin

Methods for express assessment of the radiation situation using a mobile laboratory in emergency situations

О.В. Шаховская, М.Н. Стародубцева, Е.А. Медведева

Характеристика радиочувствительности организмов с помощью параметров редокс-свойств плазмы крови

43

O.V. Shakhovskaya, M.N. Starodubtseva, A.A. Miadzvedzeva

Characteristics of radiosensitivity of organisms using parameters of redox properties of blood plasma

Клиническая медицина**Clinical medicine**

А.Ю. Захарко, Т.В. Статкевич, А.С. Подгорная, О.В. Мурашко

Факторы риска артериальной гипертензии у женщин с абдоминальным ожирением и гипертензивными расстройствами беременности в анамнезе

49

A.Yu. Zaharko, T.V. Statkevich, A.S. Podgor-naya, O.V. Murashko

Risk factors for arterial hypertension in women with abdominal obesity and hypertensive disorders of pregnancy in the history

Ж.М. Козич, В.Н. Мартинков, И.В. Веялкин, Ж.Н. Пугачева, Д.А. Близин, Н.Н. Климович
Анализ эпидемиологических показателей множественной миеломы и клинических факторов, влияющих на течение заболевания

55

Zh.M. Kozich, V.N. Martinkov, I.V. Veyalkin, J.N. Pugacheva, D.A. Blizin, N.N. Klimkovich
Analysis of the epidemiological characteristics of multiple myeloma and clinical factors affecting the course of the disease

- А.В. Коротаев, А.М. Пристром, Е.П. Науменко, С.Н. Коржева, Л.Ф. Ларенко, Я.Л. Навменова**
Изменения биомеханики контрактильности миокарда левого желудочка: результаты проспективного динамического наблюдения 62
- А.V. Korotaev, A.M. Pristrom, E.P. Naumenko, S.N. Korzheva, L.F. Larenko, Ya.L. Navmenova**
Changes in the biomechanics of contractility of the myocardium of the left ventricle: results of prospective follow-up
- Д.К. Новик, В.Н. Мартинков, И.В. Веялкин, И.А. Искров, А.Е. Силин, Т.А. Рачкова, Н.Ф. Василевская, М.А. Бобырев, Ж.Н. Меренкова, Л.Л. Наваро, А.С. Урюпин, А.Л. Усс**
Региональные особенности первичной заболеваемости хроническими Ph-негативными миелопролиферативными заболеваниями в Беларуси 67
- D. Novik, V. Martinkov, I. Veyalkin, I. Iskrov, A. Silin, T. Rachkova, N. Vasilevskaya, M. Bobyrev, Zh. Merenkova, L. Navaro, A. Uryupin, A. Uss**
Regional features of the incidence of chronic Ph-negative myeloproliferative neoplasms in Belarus
- О.Л. Никифорова, Н.В. Галиновская, Е.В. Воропаев**
Оценка качества жизни пациентов, перенесших инфекцию COVID-19 в легкой и среднетяжелой формах 75
- O.L. Nikiforova, N.V. Galinovskaya, E.V. Voropaev**
Assessment of the quality of life of patients who have had COVID-19 infection, in mild and moderate forms
- А.С. Подгорная, А.Ю. Захарко, О.В. Мурашко, К.В. Бронская**
Миомэктомия: хирургическая тактика, репродуктивные исходы 82
- A.S. Podgornaya, A.Yu. Zaharko, O.V. Murashko, K.V. Bronskaya**
Myomectomy: surgical tactics, reproductive outcomes
- Ю.И. Ярец**
Показатели иммунного статуса у пациентов с хроническими ранами в зависимости от стадии инфекционного процесса и структуры микробиоты раны 89
- Y.I. Yarets**
Indicators of the immune status in patients with chronic wounds depending on the stage of the infectious process and the structure of the wound microbiota
- N.V. Kholupko, E.N. Vaschenko, Ya.L. Navmenova, M. Wisham, A.E. Filyustin, A.V. Korotaev, E.N. Kholupko, V.A. Zhuravlev, M.G. Rusalenko**
A clinical case of ectopic ACTH syndrome: diagnostic difficulties 99
- Н.В. Холупко, Е.Н. Ващенко, Я.Л. Навменова, М. Вишам, А.Е. Филюстин, А.В. Коротаев, Е.Н. Холупко, В.А. Журавлев, М.Г. Русаленко**
АКТГ-синдром: трудности диагностики

Обмен опытом**Experience exchange**

- Е.В. Дорофей**
Отношение подростков, проживающих в зоне наблюдения Белорусской АЭС, к радиационной безопасности 105
- E.V. Dorofei**
Attitude of teenagers living in the supervision zone of the Belarusian NPP to radiation safety

Н.Г. Кадочкина, Е.В. Родина, А.П. Саливончик, Д.И. Гавриленко

Клинический случай: кардиальный синкопе у пожилой пациентки

110

N.G. Kadochkina, E.V. Rodzina, A.P. Salivontchik, D.I. Haurilenka

Cardiac syncope in an elderly patient: a clinical case from practice

В.С. Смирнов, А.О. Жарикова, О.И. Ананченко, О.И. Дудузова, А.В. Жарикова

Энцефалит Расмуссена (обзор и клинический случай)

116

V.S. Smirnov, A.O. Zharikova, O.I. Ananchenko, O.I. Duduzova, A.V. Zharikova

Rasmussen's encephalitis (review and clinical case)

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ТКАНЕЙ В НОРМЕ И ПРИ ОЖИРЕНИИ У КРЫС ЛИНИИ WISTAR

¹УО «Гродненский государственный университета им. Я. Купалы», г. Гродно, Беларусь;

²ГП «Институт биохимии биологически активных соединений НАН Беларуси», г. Гродно, Беларусь

В статье представлено исследование элементного состава тканей в норме и при ожирении у крыс линии Wistar под влиянием премиксов из водорослей *Spirulina plat.* и *Chlorella*. Анализ минерального состава тканей животных, потреблявших с кормом премикс водорослей, не обнаружил существенных изменений содержания микроэлементов, за исключением достоверного повышения Fe и Cr в печени ($p=0,03$). Аналогичная тенденция изменений концентраций микроэлементов наблюдалась и у животных с моделированием ожирения путем потребления ВЖР: Cr в печени, $p=0,03$.

Содержание ионов в них распределилось по степени убывания: $K>Na>Mg>Ca>Fe>Zn>Cu>Mn>Cr$. Анализ концентрации элемента, в сравнении со всеми исследованными органами, подтвердил это распределение и, вероятно, отражает пул (запас) минеральных веществ в организме. Однако диапазон изменения содержания каждого элемента в тканях неодинаков. Так, в печени обнаружено наибольшее содержание Fe, Mn и Zn, в почке – Na, в поджелудочной железе – Ca, при этом меньше всего Ca и Na аккумулировано в печени, Mn и Mg – в почках, K – в поджелудочной железе. Изменение и дисбаланс состояния выявленных биоэлементов могут являться признаком ожирения.

Ключевые слова: микроэлементы, ожирение, крыса, премикс, водоросли

Введение

Образование новых соединений и биоэлементов стало возможным благодаря биологической эволюции: увеличение массы и разнообразия форм живых веществ планеты. В биосфере как открытой термодинамической системе, в которой могут исчезать одни и появляться другие вторичные биоэлементы, набор первичных биоэлементов, вероятно, остается стабильным на всех уровнях организации живой материи [1]. На органном и тканевом уровне содержание макро- и микроэлементов поддерживается в определенных границах, что является важнейшим и обязательным условием нормального функционирования клетки и организма в целом [2].

Баланс биоэлементов обусловлен их ролью в процессах жизнедеятельности и определяется участием почти во всех видах обмена веществ организма [3]: они являются

кофакторами многих ферментов, входят в состав витаминов, гормонов, участвуют в процессах кроветворения, роста, размножения, дифференцировки и стабилизации клеточных мембран, тканевом дыхании, иммунных реакциях и многих других биохимических и физиологических процессах [4].

В научной литературе имеются многочисленные данные о распределении макро- и микроэлементов в тканях экспериментальных животных (крыс) в норме и при избыточной массе тела [5].

Нарушения их баланса при ожирении проявляются в изменениях содержания отдельных биоэлементов, как в крови, так и в тканях [6].

Имеются данные, согласно которым при избыточной массе тела и ожирении снижается концентрация натрия, калия, цинка и меди при одновременном увеличении уровня кальция и железа в крови мышей; в то же время в тканях печени и

легких у крыс наблюдается увеличение содержания цинка, меди, марганца и молибдена. Это позволяет предположить связь изменений содержания макро- и микроэлементов с ожирением и/или с действием каких-либо дополнительных факторов, что может привести к ряду сопутствующих заболеваний, негативно влияя на качество жизни, показатели заболеваемости [7].

Вероятно, что «эпидемия» ожирения будет распространяться, а число лиц с избыточной массой тела в ближайшие два десятилетия увеличится. В странах мира уделяется достаточное внимание здоровому образу жизни населения, а сбалансированное питание является одним из важнейших его факторов [8]. Оптимизация питания в зависимости от пола и возраста приобретает особенную значимость в наши дни и требует пристального изучения [9].

Информации о биохимических механизмах взаимодействия между двумя или более элементами на сегодня мало, а та, что имеется, не однозначна. Микроэлементы в составе ферментов ускоряют или замедляют разные биохимические процессы, т.е. выступают в роли катализаторов или ингибиторов. Это приводит к тому, что повышается или понижается концентрация белков, жиров, углеводов и других веществ, необходимых для жизни [10].

Анализ химических элементов в организме отражает синергетические и антагонистические взаимодействия между элементами и представляет ценную информацию для дальнейшего изучения их роли в регуляции метаболизма [11]. Тем не менее, механизмы взаимодействия между исследуемыми элементами и их связь с биохимическими показателями остаются не до конца выясненными, а профилактика избыточной массы должна быть комплексной и начинаться уже в молодом возрасте [12].

Появляющиеся данные о биологическом действии водорослей *Spirulina plat.* и *Chlorella* (антимикробном, противовоспалительном, антиоксидантном и др.) делают перспективным изучение механизмов их влияния при различных патологических

состояниях и, в частности, при ожирении и сахарном диабете [13, 14; 15; 16, 17].

Однако механизмы ферментативной активности, концентрация микроэлементов, показателей липидного обмена и гипогликемического действия премиксов водорослей не полностью выяснены, и, в частности, не изучена роль элементного состава вышеуказанных фитопрепаратов.

Цель работы: оценка элементного состава тканей в норме и при ожирении у крыс линии Wistar под влиянием премиксов из водорослей *Spirulina plat.* и *Chlorella*.

Материал и методы исследования

Для достижения поставленной цели была проведена экспериментальная работа на взрослых самцах крыс линии Wistar со средней начальной массой 225 ± 12 г. Эксперимент выполняли в соответствии с Международными рекомендациями по проведению биомедицинских исследований с использованием животных (гуманное отношение с лабораторными животными), принятыми Международным советом научных обществ (CIOMS) в 1985 г., со ст. XI Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации (1964 г.) и правилами лабораторной практики. Длительность эксперимента составляла 12 недель (84 суток). Животных разделили на три группы. Первая, контрольная группа ($n=10$), состояла из интактных животных. У животных второй ($n=10$) и третьей ($n=10$) групп моделировали ожирение путем потребления высокожирового рациона (ВЖР): содержание жирового компонента составляло 32 % от общей калорийности рациона и включало животный (говяжий) жир (45%) и подсолнечное масло (55%) [20]. Животным третьей группы на протяжении всего эксперимента дополнительно добавляли в корм премиксы из водорослей *Spirulina plat.* и *Chlorella* (из расчета 2% от массы корма). Увеличение массы тела на 10-25% оценивалось как умеренное ожирение, на 40% и более – как выраженное (тяжелое) ожирение [21].

Животных находились в стандартных условиях вивария Института биохимии

биологически активных соединений Национальной академии наук Беларуси без ограничения потребления воды и пищи. После выведения животных из эксперимента путем декапитации выделяли пробы тканей и крови (поджелудочная железа, печень, почки) для рентгенофлуоресцентного (рентгенофлуоресцентный анализатор СЕР-01 ElvaX) и биохимического анализа.

Образцы биологического материала (крови) обрабатывали стандартным способом: центрифугирование на центрифуге «Fepox-24M» (Китай) при 3000 g в течение 10 минут. Образцы сыворотки крови отбирали в отдельные системы, в которых проводилось исследование. Определение спектра биохимических показателей в крови и гомогенатах ткани (кальций, калий, цинк, медь, железо, общий белок, общий билирубин, глюкоза, мочевины, креатинин, холестерол, аланинаминотрансфераза – АлАТ, аспартаминотрансфераза – АсАТ) проведено на рентгенофлуоресцентном анализаторе СЕР-01 ElvaX и анализаторе «BS-330» (Mindray, Китай), реагентов производства «Diasense» (Беларусь). Из биоптатов тканей готовили гомогенаты: для приготовления гомогенатов применяли изотонический раствор (0,9%) натрия хлорида в соотношении 1:10 м/о.

Результаты исследования подвергали статистической обработке при помощи пакета статистических программ SPSS Statistica 22.0, основанной на определении критерия Уилкоксона-Манна-Уитни. Различия в показателях оценивали с исполь-

Таблица 1 – Количественное содержание биоэлементов в премиксах, мкг/г

Элемент	Концентрация элементов в премиксах, мкг/г	
	Микроводоросль спирулина (<i>Spirulina plat.</i>)	Водоросль хлорелла (<i>Chlorella seaweed</i>)
S	4512,77	3334,70
K	4859,04	1235,05
Ca	854,86	2958,04
Fe	250,71	251,61
Cu	15,00	18,88
Zn	122,15	53,10
Se	0,35	1,44

зованием принципов дисперсионной статистики и считали значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования

Поскольку потребление премиксов с кормом могло влиять на общую концентрацию биоэлементов в организме животных, был проведен анализ премиксов. Количественные характеристики биоэлементов в премиксах приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы, содержание биоэлементов в премиксах водорослей колебалось от десятков до тысяч мкг/г.

По окончании эксперимента, на первом этапе, оценивали массу тела животных во всех группах и массу проб тканей (печень). Результаты массы тела животных и тканей представлены в таблице 2.

Установлено достоверное увеличение массы тела животных в группах с моделированием ожирения к концу эксперимента

Таблица 2 – Масса тела животных и масса проб тканей в группах исследований (г, $M \pm m$)

Показатель	Контрольная группа	Модель ожирения (потребление ВЖР)	Модель ожирения путем потребления ВЖР с применением премиксов водорослей <i>Spirulina plat.</i> , и <i>Chlorella</i>
Начальная масса, г	225±12	226±11	224±13
Конечная масса, г	236±10,1	320±16,2*	296±11,8**
Прирост массы, %	4,8	42,2	31,6
Масса печени, г	4,3±0,06	5,9±0,04***	5,2±0,03****
Время на рациионе, недель, суток	84	84	84

Примечание: Ст. – стандартный рацион, ВЖР – высокожировой рацион, * – $p=0,002$ (относительно начальной и конечной массы контрольной группы), ** – $p=0,005$ (относительно начальной и конечной массы контрольной группы), *** – $p=0,0001$ (относительно контрольной группы), **** – $p=0,001$ (относительно контрольной группы).

путем потребления ВЖР как с применением премиксов из водорослей *Spirulina plat.* и *Chlorella*, так и без ($p < 0,05$). Стоит отметить, что как увеличение массы тела экспериментальных животных, так и масса печени были менее выражены в группе с ВЖР с применением премиксов из водорослей *Spirulina plat.* и *Chlorella* ($p = 0,005$).

Элементный статус животных (результаты исследования тканей печени, почки,

поджелудочной железы), в рацион питания которых добавлен премикс водорослей, представлен в таблице 3.

Анализ минерального состава тканей животных, потреблявших с кормом премикс водорослей, не обнаружил существенных изменений содержания микроэлементов, за исключением достоверного повышения Fe и Cr в печени ($p = 0,03$). Аналогичная тенденция изменений concentra-

Таблица 3 – Содержание микроэлементов в тканях крыс после потребления премикса (мкг/г) ($M \pm m$)

Элемент	Образец ткани	Контрольная группа, мкг/г	Модель ожирения (потребление ВЖР), мкг/г	Модель ожирения путем потребления ВЖР с применением премиксов водорослей <i>Spirulina plat.</i> и <i>Chlorella</i> , мкг/г
Кальций (Ca)	Печень	27,2±1,5	24,4±1,1	26,2±1,9
	Почка	31,4±1,3	30,5±1,2	32,5±1,4
	Поджелудочная железа	20,9±1,9	50,6±2,3	22,7±2,2
Калий (K)	Печень	2538,1±153,4	2545,9±119,6	2541,1±168,8
	Почка	2249,7±51,1	2370,9±152,8	2269,9±58,9
	Поджелудочная железа	2170,3±120,9	2224,8±59,1	2190,2±131,0
Железо (Fe)	Печень	57,9±3,7*	33,5±2,8	67,8±3,9*
	Почка	30,3±1,0	28,4±1,5	32,4±1,1
	Поджелудочная железа	18,7±0,7	17,8±1,9	19,1±0,9
Цинк (Zn)	Печень	18,1±0,4	18,7±1,3	18,6±0,8
	Почка	13,5±0,8	13,1±0,3	14,1±0,9
	Поджелудочная железа	12,9±0,6	13,8±0,7	13,3±0,7
Хром (Cr)	Печень	0,81±0,01*	0,1±0,02	1,8±0,01*
	Поджелудочная железа	0,07±0,03	0,09±0,01	0,08±0,02
Марганец (Mn)	Печень	1,2±0,08	1,2±0,09	1,3±0,1
	Почка	0,4±0,09	0,6±0,1	0,5±0,01
	Поджелудочная железа	0,9±0,2	0,8±0,1	0,9±0,1
Натрий (Na)	Печень	431,3±25,4	450,1±23,6	437,1±24,9
	Почка	1132,1±14,7	1140,8±22,9	1131,2±15,1
	Поджелудочная железа	690,7±31,2	688,5±28,4	695,8±32,1
Магний (Mg)	Печень	149,8±4,3	148,1±8,1	151,3±3,1
	Почка	110,1±6,8	103,1±6,5	109,1±6,4
	Поджелудочная железа	162,8±6,6	158,9±6,9	161,2±8,6
Медь (Cu)	Печень	3,0±0,17	2,9±0,1	3,0±0,11
	Почка	4,1±0,12	3,9±0,2	4,0±0,21
	Поджелудочная железа	1,03±0,05	0,98±0,01	1,0±0,1

Примечание: * – $p = 0,03$ (в сравнении с моделированием ожирения путем потребления ВЖР)

ций микроэлементов наблюдалась и у животных с моделированием ожирения путем потребления ВЖР: Cr в печени, $p=0,03$.

Содержание ионов в них распределилось по степени убывания: $K>Na>Mg>Ca>Fe>Zn>Cu>Mn>Cr$. Анализ концентрации элемента в сравнении со всеми исследованными органами подтвердил это распределение и, вероятно, отражает пул (запас) минеральных веществ в организме. Однако диапазон изменения содержания каждого элемента в тканях неодинаков. Так, в печени обнаружено наибольшее содержание Fe, Mn и Zn, в почке – Na, в поджелудочной железе – Ca, при этом меньше всего Ca и Na аккумуля-

лировано в печени, Mn и Mg – в почках, K – в поджелудочной железе. Изменение и дисбаланс состояния выявленных биоэлементов могут являться признаком ожирения [19].

Полученные данные позволили предположить, что наличие в премиксах из водорослей витаминов и биологически активных соединений, обладающих выраженными антиоксидантными и иммуностимулирующими свойствами, может оказывать гипогликемическое действие [18]. Важно было оценить данный эффект, вызванный фитопрепаратом, и изучить изменения элементного состава у животных с ожирением (таблицы 4, 5).

Таблица 4 – Концентрация микроэлементов в сыворотке крови у крыс

Элемент	Контрольная группа	Модель ожирения (потребление ВЖР)	Модель ожирения (потребление ВЖР с применением премиксов водорослей <i>Spirulina plat.</i> и <i>Chlorella</i>)	p	Данные литературы [1, 3, 22]
Масса тела, грамм, 84 сутки	236±10,1	320±16,2	296±11,8	0,002	
Кальций (Ca)	51,5±1,7	61,6±1,13	58,8±1,33	0,007	59-61
Марганец (Mn)	0,02±0,001	0,015±0,001	0,01±0,001	0,001	0,002-0,025
Селен (Se)	0,19±0,1	0,17±0,11	0,18±0,12	0,57	0,058-0,234
Калий (K)	1422,9±83,1	1407,6±41,8	1477,2±39,8	0,56	1500-2500
Хром (Cr)	0,11±0,02	0,21±0,01	0,19±0,01	0,004	0,0025-0,11
Фосфор (P)	285,6±10,17	298,2±9,02	300,4±8,01	0,27	345-390
Натрий (Na)	1469,1±215,4	1984±151,4	1776±161,2	0,05	1900-2000
Магний (Mg)	29,2±0,78	31,7±0,48	31,4±0,41	0,82	34-38
Железо (Fe)	371,1±22,5	432,6±11,1	421,8±12,5	0,05	309-521
Цинк (Zn)	4,75±0,23	5,0±0,11	5,1±0,13	0,2	4-8,6
Медь (Cu)	1,22±0,04	1,20±0,02	1,09±0,03	0,02	0,8-1,3
Литий (Li)	0,002±0,001	0,016±0,001	0,015±0,001	0,002	0-0,02

Таблица 5 – Биохимические показатели крови в исследуемых группах

Показатель	Контрольная группа	Модель ожирения (потребление ВЖР)	Модель ожирения путем потребления ВЖР с применением премиксов водорослей <i>Spirulina plat.</i> и <i>Chlorella</i>	Данные литературы [1, 3, 22]
Общий белок, г/л	98,1±1,3	110,0±1,4	99,0±1,8	98,0-108,0
Глюкоза, ммоль/л	9,9±0,6	15,9±0,58*	8,9±0,63	8,8-16,3
Холестерол, ммоль/л	2,28±0,11	2,72±0,13*	2,22±0,13	2,2-2,6
Мочевина ммоль/л	8,8±0,9	14,0±0,7	11,0±0,8	8,0-14,0
Креатинин, мкмоль/л	88,0±4,5	104,1±3,1*	84,0±2,2	68,0-104,0
Общий билирубин, мкмоль/л	0,9±0,11	1,05±0,11	1,01±0,1	0,0-1,67
АлАТ, Ед/л	117,0±3,4	141,0±6,8**	129,0±5,9**	110,0-140,0
асАТ, Ед/л	82,0±2,8	122,1±5,7*	112,0±3,8*	72,0-196,0

Примечание: * – $p=0,005$, ** – $p=0,006$

Оценивая результат, стоит отметить, что премиксы из водорослей *Spirulina plat.* и *Chlorella* способствуют нормализации концентрации микроэлементов (кальций, калий, натрий, $p < 0,05$), сохранению элементов в пределах физиологических величин (железо, цинк, медь, марганец, селен) и достоверно повышают их концентрацию (литий, хром). Масса тела животных при добавлении прикорма в сравнении с контрольной группой не изменяется.

Оцененные биохимические показатели крови в исследуемых экспериментальных группах животных представлены в таблице 5.

Установлено, что уровень ферментативной активности аспартатаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы (АсАТ, АлАТ) в крови достоверно изменялся в сторону их увеличения ($p = 0,005$, $p = 0,006$) в группе с экспериментальным ожирением и приемом премиксов из водорослей. Концентрация уровня глюкозы и холестерина, хоть и не имеет достоверных различий, на фоне приема премиксов отражает тенденцию к их уменьшению. В группе животных с ожирением достоверное увеличение АсАТ, АлАТ, креатинина, мочевины, глюкозы и холестерина в сравнении с группой контроля и модели ожирения с ВЖР с применением премиксов из водорослей *Spirulina plat.* и *Chlorella* ($p = 0,005$).

Заключение

Изучение содержания макро- и микроэлементов в органах и тканях животных важно для понимания механизмов их регуляции. Анализ минерального состава органов и тканей интактных экспериментальных животных показал, что распределение биоэлементов неравномерное. Полученные результаты впервые представляют широкий спектр исследованных элементов в большем количестве органов с использованием одной методики.

Результаты концентрации ряда элементов в органах крыс при ожирении соответствуют представленным в литературе [1, 3]. Накопление Cu и Zn в печени и других тканях крыс с ожирением возможно связано с экспрессией

Zn-Cu-содержащих супероксиддисмутаза и металлотионеинов и может быть расценено как защита от действия окислительного стресса [19]. В исследовании не было выявлено повышения концентрации этих микроэлементов в поджелудочной железе крыс при ожирении. В модели ожирения путем потребления ВЖР с применением премиксов водорослей *Spirulina plat.* и *Chlorella* отмечено увеличение биоэлементов после приема животными премиксов в печени (железо, хром, $p < 0,05$), нормализация в сыворотке крови относительно модели ожирения концентрации таких микроэлементов, как кальций, калий и натрий, сохранение элементов в пределах физиологических величин (железо, цинк, медь, марганец, селен), повышение концентрации лития, хрома и кальция в крови ($p < 0,05$). Ферментативная активность АлАТ и АсАТ в крови на фоне приема премиксов в группе с экспериментальным ожирением возрастает ($p = 0,005$). Концентрация уровня глюкозы и холестерина на фоне приема премиксов имеет тенденцию к уменьшению. При ожирении установлено достоверное увеличение креатинина, мочевины, глюкозы и холестерина в сравнении с контрольной группой животных и модели ожирения с ВЖР с применением премиксов из водорослей *Spirulina plat.* и *Chlorella* ($p = 0,005$). Масса тела животных при добавлении премиксов не изменяется.

Таким образом, показано, что премиксы из водорослей *Spirulina plat.* и *Chlorella* легкоусвояемые и обладают определенными эффектами: гипогликемическим, гиполипидемическим, способствуют снижению активности ферментативной активности и нормализации уровня азотистого обмена при ожирении. Несмотря на то, что в организм животных с кормом и премиксом из водорослей поступало значительное количество минералов, превышающее их содержание в тканях, отмечены лишь незначительные сдвиги элементного состава.

Библиографический список

1. Селятицкая, В.Г. Содержание микроэлементов в тканях печени и легкого крыс с аллоксановым диабетом / В.Г. Селятицкая, Н.А. Пальчикова,

- Н.П. Заксас // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 4, ч. 1. – С. 201-205.
2. A review on role of essential trace elements in health and disease / Prashanth L. [et al.] // J. dr. ntr Univ. Heal. Sci.– Medknow Publications, 2015.– Vol. 4, № 2.– P. 75.
3. Сиренко, Е.В. Влияние многокомпонентных смесей на основе полиэтиленгликолей на содержание микроэлементов и аминокислот в органах и тканях экспериментальных животных / Е.В. Сиренко // Вестник Харьковского национального университета имени В. Н. Каразина. – 2006. – № 13(738). – С. 52-55.
4. Trace element concentration distributions in breast, lung and colon tissues / Majewska U [et al.] // Phys. Med. Biol. – IOP Publishing, 2007. – Vol. 52, № 13. – P. 3895.
5. Эльбекьян, К.С. Особенности нарушения макро- и микроэлементного спектра сыворотки крови при экспериментальном сахарном диабете / К.С. Эльбекьян, А.Б. Ходжаян, А.Б. Муравьева // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 10, ч. 2. – С. 411-413.
6. Failla, M.L. Altered Tissue Content and Cytosol Distribution of Trace Metals in Experimental Diabetes / M.L. Failla, R.A. Kiser // J. Nutr. – 1981. – Vol. 111. – P. 1900-1909.
7. Antiobesity effect of Biochanin-A: effect on trace element metabolism in high fat diet-induced obesity in rats / Antony Rathinasamy [et al.] // Cardiovasc. Hematol. Agents Med. Chem. – 2020. – Vol. 18, №1. – P. 21-30.
8. Оценка питания взрослого населения на современном этапе / И.Ю. Тармаева [и др.] // Современ. проблемы науки и образования. – 2017. – № 5. – С. 12-19.
9. Биоэлементный статус организма у лиц с избыточной массой тела / А.А.Х. Али, О. Кузнецов Л. Лосева, Т. Крупская // Журнал Наука и инновации. Национальная академия наук Беларуси. – 2021. – № 11(225). – С. 75-79.
10. Obesity is associated with hypothalamic injury in rodents and humans / J.P. Thaler [et al.] // Journal of Clinical Investigation. – 2012. – Vol. 122, Iss. 1. – P. 153-162.
11. Oxidative damage of mitochondrial DNA in diabetes and its protection by manganese superoxide dismutase / S.A. Madsen-Bouterse [et al.] // Free Radic. Res. – 2010. – Vol. 44, №3. – P. 313-321.
12. Quantifying the imprecision of energy intake of humans to compensate for imposed energetic errors: A challenge to the physiological control of human food intake / D. A. Levitsky [et al.] // Appetite. – 2019. – Vol. 133. – P. 337-343.
13. Митрофанова, И.Ю. Методологические основы выбора растительных объектов в качестве источников фитопрепаратов / И.Ю. Митрофанова, А.В. Яницкая, Д.В. Бутенко // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 10-2. – С. 405-408.
14. Ажунова, Т.А. Фармакотерапевтическая эффективность комплексного растительного средства при экспериментальном диабете / Т.А. Ажунова, С.В. Лемза, Е.Г. Линхоева // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2011. – № 1-2. – С. 104-108.
15. Lipid-lowering effects of standardized extracts of *Ilex paraguariensis* in high-fat-diet rats Silvie Balzan / A. Hernandez [et al.] // Fitoterapia. – 2013. – Vol. 86. – P. 115-122.
16. Hameed, S.I. Investigation the potential role of some medicinal plants extracts in regulating serum lipid profile in female albino rats / S.I. Hameed, A.W. Al-Shahwany, S.J. Salih // Iraqi Journal of Science. – 2019. – Vol. 60, No.12. – P. 2561-2571.
17. Использование нелекарственных препаратов для коррекции углеводного и водно-минерального баланса при его нарушениях / Р.И. Айзман [и др.]. – Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2014. – 90 с.
18. Макарова М.Н. Диет-индуцированные модели метаболических нарушений. Сообщение 2: экспериментальное ожирение. / М.Н. Макарова, В.Г. Макарова // Лабораторные животные для научных исследований. – 2018. – №2. – С. 38-48.
19. Thibault, L. Animal Models of Dietary-Induced Obesity. In: Animal Models for the Study of Human Disease, edited By P.M. Conn. / L. Thibault // Academic Press, Elsevier Inc. – 2013. – Vol. 23, Iss. 2. – P. 270-299.
20. Применение добавки на основе микроводорослей *Chlorella vulgaris* в кормлении цыплят-бройлеров / Е.С. Петраков [и др.] // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2016. – № 1. – С. 96-104.
21. Селятицкая, В.Г. Содержание микроэлементов в тканях печени и легкого крыс с аллоксановым диабетом / В.Г. Селятицкая, Н.А. Пальчикова, Н.П. Заксас // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 4-1. – С. 201-205.

A.A.H. Ali, O.E. Kuznetsov

ELEMENTAL COMPOSITION OF TISSUES IN NORMAL AND OBESE WISTAR RATS

The article presents a study of the elemental composition of tissues in normal and obese Wistar rats under the influence of premixes from algae *Spirulina plat.* and *Chlorella*. Analysis of the mineral composition of the tissues of animals that consumed algae premix with feed did not reveal significant changes in the content of trace elements, with the exception of a signifi-

cant increase in Fe and Cr in the liver ($p=0,03$). A similar trend of changes in the concentrations of trace elements was observed in animals with modeling obesity by consuming HFD: Cr in the liver, $p=0,03$.

The content of ions in them was distributed according to the degree of decrease: $K>Na>Mg>Ca>Fe>Zn>Cu>Mn>Cr$. An analysis of the concentration of the element, in comparison with all the studied organs, confirmed this distribution and probably reflects the pool (reserve) of minerals in the body. However, the range of change in the content of each element in tissues is not the same. Thus, the highest content of Fe, Mn and Zn was found in the liver, Na in the kidney, Ca in the pancreas, while Ca and Na were accumulated least of all in the liver, Mn and Mg in the kidneys, and K in the pancreas. Changes and imbalances in the state of the identified bioelements may be a sign of obesity.

Key words: *trace elements, obesity, rats, premix, algae*

Поступила 15.11.22