

*На правах рукописи*

**Дускаева Айнагуль Хабидулловна**

**Влияние пищевого стресса на функциональное состояние,  
аминокислотный и элементный статус лабораторных  
животных**

**03.03.01 – Физиология**

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Москва 2020

Работа выполнена на кафедре биохимии и микробиологии химико-биологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет»

**Научный руководитель: Нотова Светлана Викторовна** - доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры биохимии и микробиологии Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

**Официальные оппоненты:**

**Тармаева Инна Юрьевна** - доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», ведущий научный сотрудник лаборатории возрастной нутрициологии

**Фесюн Анатолий Дмитриевич** - доктор медицинских наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, и.о. директора

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита диссертации состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г. в \_\_ часов на заседании диссертационного совета ПДС 0300.003 ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, дом 8.

С диссертацией можно ознакомиться в УНИБЦ (Научной библиотеке) ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, дом 6 и на сайте <http://dissovet.rudn.ru>

Объявление о защите и автореферат диссертации размещены на сайтах: <http://vak2.ed.gov.ru> и <http://dissovet.rudn.ru>

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор медицинских наук, профессор

Ермакова Наталья Викторовна

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность исследования.** В последние годы в России произошли глубокие качественные изменения структуры питания населения, при этом именно состояние питания населения относится к основным индикаторам уровня социально-экономического развития страны, демонстрирует благосостояние граждан, определяет его здоровье, работоспособность и социальный потенциал (Мигунова Ю. В., Садыков Р. М., 2018).

Основой полноценного питания является сбалансированность рациона по всем пищевым веществам (Тутельян В.А. и др., 2004), однако, как показывают результаты исследований, у жителей России и других стран часто наблюдается дефицит макро- и микронутриентов, витаминов, минеральных веществ, что отрицательно сказывается на здоровье населения (Коденцова В. М. и др., 2018). Среднедушевое потребление белков животного происхождения у населения снизилось до критического уровня. Многочисленные исследования демонстрируют дефицит рациона питания студентов по содержанию макро- и микронутриентов, витаминов и т.д. (Бекетова Н.А. и др., 2015; Колесникова Л.И. и др., 2015; Прокопенко Л. А., и др., 2017; Иванченко М. Н., и др., 2017г.) Результатом является снижение иммунитета, ухудшение умственной и физической работоспособности, усиливается нервно-эмоциональное напряжение, что приводит к развитию обменных нарушений и различных заболеваний (Лебедева С.Н. и др., 2018).

Нарушению структуры питания способствует увеличивающееся с каждым годом потребление продуктов быстрого приготовления. Это подтверждается данными анкетных опросов студентов г.Оренбурга (Дускаева А.Х. и др., 2011; Notova, S. V. et al., 2019).

**Степень разработанности темы.** Ученые разных стран проводят обширные социологические и биомедицинские исследования о влиянии «фастфуда» на организм детей и взрослых (Oexle N. et al, 2015; Parcina M. et al., 2015; Riggsbee, K., et al., 2019; Morse K. L., et al., 2009; Plotnikoff R. C. et al., 2015; Zagorsky J., Smith P., 2017; Dalton, M., et al., 2017). Показано, что потребление «фаст фуда» повышает риск развития остеопороза, ожирения, сахарного диабета, заболеваний цереброваскулярной и сердечно-сосудистой систем, желудочно-кишечного тракта, и т.д (Arulogun O. S. et al., 2011; Ade A. et al., 2014; Kar S., Khandelwal B. 2015; Srour B. et al., 2019). Предварительная промышленная и кулинарная обработка продуктов, входящих в состав «фаст фуда», ведет к существенному изменению их пищевой ценности, избыточному количеству насыщенных жирных кислот и транс-жиров (Dunford E. et al., 2010; Watanabe T. et al., 2011). Исследования подтверждают, что потребление продуктов быстрого приготовления влияет на углеводный и липидный обмен, однако потенциальное воздействие такого рациона на минеральный обмен, метаболизм белка и аминокислот остается малоизученным.

**Целью работы** явилось изучение влияния регулярного потребления продуктов быстрого приготовления на функциональное состояние организма, аминокислотный и элементный статус лабораторных животных.

### **Задачи исследования:**

1. Изучить психофизиологические показатели экспериментальных животных, при регулярном потреблении продуктов быстрого приготовления.
2. Оценить показатели адаптации и антиоксидантной защиты в группах с различным рационом по клиническому и биохимическому анализу крови.
3. Выявить особенности аминокислотного состава различных биосубстратов (печень, мышцы) при регулярном потреблении продуктов быстрого приготовления.
4. Оценить изменения элементного состава различных биосубстратов (печень, мышцы) лабораторных животных, потребляющих продукты быстрого приготовления.
5. Установить наличие взаимосвязи между элементным и аминокислотным статусом организма лабораторных животных.

**Работа выполнена в рамках** научно-исследовательских работ «Биохимические и физиологические аспекты фенотипической адаптации», рег. № 01.2014 58404, в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 –2013 годы (Соглашение № 14.В37.21.0122 от 23 июля 2012) и государственного задания на 2017 год на проведение научно-исследовательских работ по теме «Особенности формирования элементного и аминокислотного статусов при воздействии алиментарного фактора».

#### **Научная новизна исследования**

Впервые проведено комплексное исследование влияния регулярного потребления продуктов быстрого приготовления на психофизиологические показатели, состояние адаптации и антиоксидантной защиты, аминокислотный и элементный статус.

Впервые изучен элементный и аминокислотный состав мышечной ткани и печени лабораторных животных в условиях длительного потребления продуктов быстрого приготовления. Установлено, что при пищевом стрессе в мышечной ткани снижается содержание большинства заменимых и незаменимых аминокислот. Аминокислотный состав печени характеризуется накоплением валина, лейцина-изолейцина, аланина, аргинина. Установлено, что регулярное потребление продуктов быстрого приготовления приводит к снижению содержания в печени и мышечной ткани важнейших микроэлементов – Mn, Zn, Se.

Получены новые данные о влиянии рациона на показатели антиоксидантной защиты (глутатионпероксидазы, супероксиддисмутазы) и психофизиологические параметры животных.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Исследование носит экспериментальный характер, и полученные результаты демонстрируют эффекты регулярного потребления продуктов быстрого приготовления на психофизиологические параметры, биохимические показатели, аминокислотный и элементный состав тканей организма и относятся к области фундаментальных знаний, так как расширяют представления об изменениях, происходящих в организме при потреблении нездоровой пищи.

Полученные результаты расширяют представление о белковом и минеральном обмене организма, при употреблении продуктов быстрого приготовления и газированных напитков и могут послужить основой для разработки комплекса мероприятий по коррекции дисбаланса аминокислот и микроэлементов у людей регулярно потребляющих продукты быстрого приготовления.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Потребление продуктов быстрого приготовления приводит к напряжению компенсаторно-приспособительных реакций, сопровождающихся изменением аминокислотного и элементного статуса организма лабораторных животных.
2. Наиболее выраженные изменения функционального состояния организма, показателей антиоксидантной защиты, неспецифических реакций адаптации, белкового, липидного и минерального обмена наблюдаются при потреблении продуктов быстрого приготовления в сочетании с газированным напитком.

**Легитимность исследования** подтверждена решением этического комитета Оренбургского государственного университета (протокол № 12 от 23.01.2012) в соответствии с этическими принципами, изложенными в Хельсинской декларации.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности: 03.03.01 – «Физиология» по областям исследований:

- п. 1 - изучение закономерностей и механизмов поддержания постоянства внутренней среды организма;
- п. 2. - анализ механизмов нервной и гуморальной регуляции, генетических, молекулярных, биохимических процессов, определяющих динамику и взаимодействие физиологических функций.

#### **Апробация работы**

Основные материалы диссертации изложены на XV Всероссийском симпозиуме «Эколого-физиологические проблемы адаптации» (Москва, 2012), IV съезде физиологов СНГ «Физиология и здоровье человека» (Сочи, 2014), Международной научно-практической конференции «Микроэлементы в медицине, ветеринарии, питании: перспективы сотрудничества и развития» (Одесса, 2014), XVI Всероссийском симпозиуме «Эколого-физиологические проблемы адаптации», посвященного памяти академика Н.А.Агаджаняна (Сочи, 2015), International Conference Trace Elements between deficiency and toxicity: update and perspectives (Modena, 2015), 33 Conference «Zinc and other Transition Metals in Health and Disease» (Germany, Aachen, 2017), FEBS Open Bio (Чехия, Прага, 2018), International Conference on Health and Well-Being in Modern Society (ICHW 2019).

**Внедрение результатов работы.** Результаты исследования используются в учебном процессе на кафедре биохимии и микробиологии химико-биологического факультета Оренбургского государственного университета (акт внедрения № 54 от 27.02.2020) и в ФНЦ Биологических систем и агротехнологий РАН при подготовке кадров высшей квалификации по направлению 36.06.01 (акт внедрения № 233 от 27.02.2020).

**Декларация личного участия автора.** Автором лично разработаны программа и дизайн исследования, проведены эксперименты на животных и получены первичные данные. Автором самостоятельно осуществлена статистическая обработка данных, написание текста диссертации и статей в журналы. Автором сформулированы основные положения, выводы и подготовлена диссертационная работа. В целом, личный вклад автора в выполнение исследования составил 85%.

#### **Публикации**

По теме диссертации опубликовано 11 работ, 2 из которых опубликованы в рецензируемых журналах из перечня ВАК РФ и 5 в МБД Scopus и WoS.

#### **Структура и объем диссертации**

Диссертация изложена на 113 страницах машинописного текста, состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, трех глав собственных исследований, обсуждения полученных результатов, выводов, списка цитируемой литературы и приложений. Работа иллюстрирована 5 рисунками, 26 таблицами. Указатель литературы содержит 77 отечественных и 131 зарубежных источника.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Материалы и методы исследования**

Экспериментальное исследование выполнено на базе экспериментально-биологической клиники (вивария) Института биоэлементологии Оренбургского государственного университета, в соответствии с рекомендациями А.С. Ермолова, М.М. Абакумова (2001). Эксперименты на животных осуществляли в соответствии с требованиями Женевской конвенции (International Guiding..., 1985), по разрешению этического комитета Оренбургского государственного университета (протокол № 12 от 23.01.2012) (рисунок 1).

Контрольная группа содержалась на полноценном полусинтетическом рационе (ОР), рекомендованном Институтом питания РАН и содержащем кукурузный крахмал (58 г), казеин (25 г), нерафинированное подсолнечное масло и лядр (по 5 г), витаминно-минеральную смесь и микрокристаллическую целлюлозу. Первая опытная группа (I) потребляла полусинтетический рацион, состоящий из смеси основного корма, продуктов быстрого приготовления (ПБП) и воды, вторая группа (II) – полусинтетический рацион, состоящий из смеси основного корма, ПБП и высокоуглеводного газированного безалкогольного напитка, третья - полусинтетический рацион, состоящий из смеси основного корма, мяса механической обвалки (ММО) и воды.



Рисунок 1 – Общая схема исследований

Смесь ПБП состояла из лапши, хот-дога и каши в одинаковой пропорции. Состав рационов был примерно одинаков по количественному содержанию белка, жира, углеводов и энергии. Поение животных водой и газированным безалкогольным напитком (предварительно разбавленным водой 50:50) проводилось с помощью самопоилок без ограничений.

Таблица 1 – Схема проведения эксперимента

Объект исследования	Группа	Период эксперимента	
		уравнительный	учетный
		2 недели	8 недель
Крысы линии Wistar (самцы)	I (n=10)	ОР	ОР(50%)+ПБП (50%)+вода
	II (n=10)	ОР	ОР(50%)+ПБП (50%)+ГН
	III (n=10)	ОР	ОР(50%)+ММО (50%)+вода
	Контроль (n=10)	ОР	ОР+вода

Примечание: ОР – основной сбалансированный рацион, ПБП – рационы с продуктами быстрого приготовления, ГН – газированный напиток, ММО-мясо механической обвалки.

Функциональное состояние лабораторных животных оценивалось по интегральному показателю, включающему изучение динамики массы тела (еженедельно), объема суточного потребления пищи и жидкости, изменения внешних признаков и степени активности лабораторных животных (Шельгин К.В. с соавт., 2002). Поведенческие особенности лабораторных животных исследовались с помощью методик «открытое поле» (Буреш Я., Бурешова О., 1991) и «норковая камера» (File S.E., Wardill M., 1975). По окончании эксперимента животных после легкого эфирного наркоза (в соответствии с требованиями Европейской конвенции по защите экспериментальных животных 86/609 ЕЕС10) умерщвляли путем декапитации.

Анализ сыворотки крови осуществлялся при помощи биохимического анализатора Clima MC-15 А/О Юнимед. Для проведения общего анализа крови использовался гематологический анализатор MEDONIC CA-620 А/О Юнимед (Москва, 2002 г.). Активность антиоксидантных ферментов Cu-Zn-супероксиддисмутаза (Cu-Zn

СОД) и глутатионпероксидаза (ГП), измерялась в лизате эритроцитов спектрофотометрическим методом.

Тип неспецифической адаптационной реакции организма определялся по количеству лимфоцитов и отношению лимфоцитов к сегментоядерным нейтрофилам (методика Л. Х. Гаркави, Е. Б. Квакиной, М. А. Уколовой).

Изучение аминокислотного состава мышечной и печеночной тканей и продуктов питания животных осуществлялся в ЦКП БСТ РАН (аккредитация Испытательного центра № Росс RU.0001.21 ПФ59.) методами капиллярного электрофореза на приборе Капель-105М (Люмэкс). Элементный состав рациона, мышечной и печеночной тканей проводился в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Registration Certificate of ISO 9001: 2000, Number 4017-5.04.06) методами атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой (Optima 2000 DV и ELAN 9000 (Perkin Elmer, США).

Математическую обработку данных проводили с использованием программы «Statistica 10.0». Проверка законов нормального распределения осуществлялась с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Оценку статистической значимости различий между группами проводили с помощью t-критерия Стьюдента, в случае близкого к нормальному распределению. С помощью U-теста Манна-Уитни. Параметры описательной статистики для количественных показателей приведены в виде: средней арифметической величины (M) и стандартной ошибки средней (m); медианы (Me) и интерквартильной широты (25-й; 75-й процентиль - Q1; Q3). Корреляционный анализ проводился с помощью коэффициента корреляции Спирмена.

### Результаты исследования и их обсуждение

Сравнение интегральных показателей состояния лабораторных животных в течение эксперимента не выявило различий по внешним признакам и степени активности в сравниваемых группах. Потребление корма в сравниваемых группах практически не отличалось. При сравнении потребления жидкости животными были выявлено, что содержание в рационе газированного напитка привело к увеличению потребления жидкости на 30 % по сравнению с контролем.

На протяжении эксперимента масса тела в сравниваемых группах практически не отличалась (таблица 2). Однако, на 8-й неделе наметилась тенденция к снижению темпов роста массы тела опытных животных, что привело на этом этапе наблюдения к более низким значениям массы тела в I ( $p \leq 0,05$ ) и II группах по сравнению с контролем.

Таблица 2 - Масса тела животных во время учетного периода, г,  $M \pm m$

Учетный период	Группы			
	I	II	III	Контрольная
2 неделя	261±0,6	259±0,4	262±0,9	260±0,4
4 неделя	268,0±1,06	270,0±1,5	274,5±0,9	268,3±1,7
6 неделя	284,3±2,6	282,7±2,1	288,5±0,7	282,3±2,2
7 неделя	292,5±3,2	296,0±2,6	300,2±1,1	303,4±1,8
8 неделя	299,3±1,01*	300,3±0,92	311±1,1	313,1±1,7

Примечание: значком \* обозначена достоверная разница с контрольной ( $p \leq 0,05$ ).

Сравнение массы и процентного содержания тканей и органов экспериментальных животных показало, что опытные группы отличались большей массой печени, селезенки, сердца в сочетании с меньшей массой костей. Однако, статистически значимая разница по сравнению с контролем получена только во II опытной группе по печени и костям. При сравнении процентного содержания тканей и органов тела животных наибольшие различия с контролем выявлены в I и II опытных группах: массовая доля печени была больше на 10 и 20 %, селезенки – на 11 и 21 %, сердца - на 15 %. Во II опытной группе массовая доля костной ткани была ниже на 6 % по сравнению с контролем.

В результате исследования было выявлено, что потребление продуктов быстрого приготовления приводит к определенным изменениям поведенческих реакций у крыс в условиях «открытого поля» (таблица 3).

Таблица 3 - Поведенческие реакции лабораторных животных в условиях открытого поля,  $M \pm m$

Группа Показатель	I	II	III	Контроль
ГДА:	46,0±1,38	66,0±2,16*	69,3±13,8	48,3±6,12
на периферии	34,2±2,17	45,0±1,75*	48,6±0,94	33,0±5,43
в 2/3 арены	12,75±1,9	13,3±1,24	10,6±1,29	12,3±4,02
в центре арены	1,5±1,01	1,1±0,5	7,5±3,65	3,5±0,5
ВДА	7,0±0,61*	21,7±3,9*	23,3±7,13	17,5±0,94
Climbing	6,5±1,36	7,5±0,94	10,7±1,9	11,5±5,2
Rearing	0,5±0,16*	13,6±5,1	12,6±3,95	4,5±1,04
Груминг	5,0±1,87	6,3±1,24	12±3,55	8,7±3,5
короткий	2,5±0,5*	3,0±0,81	10,3±2,86	7,3±3,11
длительный	2,5±1,65	3,3±0,47	2,5±0,5	2,0±0,87
Обследование отверстий	3,0±0,34*	0,6±0,4	1	0,2±0,021
Уровень дефекации	0,5±0,15	0,2±0,05*	1	2,0±0,28

Примечание: \* - достоверная разница с контролем ( $p \leq 0,05$ ); ГДА - горизонтальная двигательная активность; ВДА - вертикальная двигательная активность; Climbing - передние лапы упираются в стенку поля; Rearing - остаются на весу

По сравнению с контролем статистически значимые различия показателей выявлены у животных I и II опытных групп. Животные I группы характеризовались низкой ВДА (на 60 %), за счет показателя Rearing и высокой исследовательской реакцией (число обследованных отверстий) по сравнению с контролем. Особи II опытной группы статистически значимо отличались от контроля наибольшими показателями ГДА (на 37,5 %), за счет ГДА на периферии, и ВДА (на 24 %). Для II группы было характерно значительно меньшее количество актов дефекации (индекс "эмоциональности" животного). Полученные данные свидетельствует о том, что животное II группы демонстрировали более высокую исследовательскую активность и некоторое снижение уровня тревоги в незнакомом месте, что возможно объясняется присутствием в составе газированного напитка кофеина. У животных I и II опытных групп наблюдалось более низкое число актов груминга (на 43 и 28 % соответственно)

По результатам исследований в норковой камере статистически значимые различия показателей по сравнению с контролем также выявлены только у животных I и II опытных групп (таблица 4). В частности, наблюдались более высокие, по сравнению с контролем, показатели норковых реакций (число обследованных норок) и горизонтальной активности (пересеченные квадратики) в I и II группах, соответственно. Наряду с этим в I группе наблюдалось меньшее количество стоек (вертикальная активность), а во II группе - актов груминга (на 42,1 %).

Таблица 4 - Влияние ПБП на поведенческие реакции лабораторных животных в условиях норковой камеры,  $M \pm m$

Группа Показатель	I	II	III	Контроль
Обследованные норки	24,6±2,62*	19,6±2,54*	10,3±3,12	8,5±1,3
Пересеченные квадратики	26,6±2,68*	24,0±2,01	39±3,41	21,7±2,5
Стойки	6±1,24*	7,7±1,69	6±2,16	9,5±0,9
Груминг	5,7±1,24	3,3±0,47	5,7±1,86	4,75±1,25
Число болюсов дефекации	2,3±0,47	1,4±0,43	1,1±0,51	2,0±0,44

Таким образом, включение в рацион продуктов быстрого приготовления оказало влияние на поведенческие реакции лабораторных животных в условиях «открытого поля» и «норковой камеры», характеризующиеся более высокой исследовательской активностью и некоторым снижением уровня тревоги в незнакомом месте.

Исследования клинического анализа крови показали, что в опытных группах отмечалась тенденция к снижению количества эритроцитов и гемоглобина в крови (таблица 5).

Таблица 5 - Показатели клинического анализа крови лабораторных животных Me (Q1 – Q3)

Показатель	Группа			
	I	II	III	Контроль
Эритроциты кл/л*10 <sup>12</sup>	7,4(5,9-9,1) <sup>к</sup>	8,0(6,1-9,1)	6,5(4,5-8,1) <sup>к</sup>	8,9(7,9-9,7)
Гемоглобин г/л	143(138-159) <sup>к</sup>	146,6(124-169)	126,5(87-161) <sup>к</sup>	162 (157-167)
Тромбоциты кл/л*10 <sup>9</sup>	677(457-825)	1107(1040-1120) <sup>к1</sup>	710,0(465-969) <sup>2</sup>	803 (780-956)
Лейкоциты кл/л*10 <sup>9</sup>	10,1(7,8-11,8)	19,9(14,5-26,9) <sup>к</sup>	12,0(5,9-12,3) <sup>2</sup>	8,5(7,5-9,9)

Примечания (здесь и далее): Me – медиана, Q1-Q3 – первый и третий квартили; <sup>к,1,2</sup> – достоверная разница с контролем, 1 и 2 группами

При этом уровень эритроцитов в I и III группах был ниже контроля на 17 и 27 %, а гемоглобина на 12 и 23% соответственно.

Уровень лейкоцитов, напротив, в опытных группах имел тенденцию к более высоким значениям. Во II опытной группе уровень лейкоцитов был наиболее высоким и статистически значимо превышал значения контрольной и I опытной группы на 134 и 97 %, соответственно. Содержание тромбоцитов в крови животных II опытной группы было достоверно выше (на 37 %), чем в контроле. Таким образом, наши результаты подтверждают данные о взаимосвязи пищевого статуса с функционированием иммунной системы и развитием воспалительной реакции (Daniel J Raiten et al, 2015).

Для оценки реакции адаптации мы применили метод, предложенный Л. Х. Гаркави, Е. Б. Квакиной, М. А. Уколовой. Тип неспецифической адаптационной реакции организма определялся по количеству лимфоцитов и отношению лимфоцитов к сегментоядерным нейтрофилам.

Проведенное исследование показало, что животные II группы находились в состоянии переактивации. Биологический смысл данной адаптационной реакции - это попытка сохранить реакцию активации в ответ на запредельную нагрузку без перехода организма в состояние стресса. При этом переактивация, по мнению авторов методики, не только опасна переходом в стресс, но и рассматривается в качестве неспецифической основы предпатологии и патологии. Адаптационная реакция животных I и III группы характеризовалась как спокойная активация.

Сравнение показателей биохимического анализа крови выявило снижение содержания общего белка во всех опытных группах по сравнению с контролем (таблица б). Использование продуктов быстрого приготовления в рационе животных привело к более высокому, по сравнению с контролем, уровню мочевины во всех опытных группах на 53; 18; 38 %, соответственно, что может быть связано с недостаточностью питания. Наибольшие значения креатинина зафиксированы в I опытной группе. Уровень холестерина также имел наибольшие значения в опытных группах, при этом во II группе разница с контролем была статистически значимой и составила 49 % (p=0,002). Наличие в рационе II группы газированного напитка привело к более высокому уровню глюкозы в крови на 42 %, по отношению к контрольной группе и на 58 % (p=0,007) по сравнению с I опытной группой.

Таблица 6 - Показатели биохимического анализа крови лабораторных животных Me (Q1 – Q3)

Показатель	Группа			
	I	II	III	контроль
Общий белок г/л	74,1(74-74,4) <sup>к</sup>	74,3(65,1-85,7)	65,0(54-79) <sup>к</sup>	84,9(78-87)
АЛТ ед/л	149(94,5-165) <sup>к</sup>	106(100-119,2) <sup>к</sup>	155,7(86-237) <sup>к</sup>	21,5(20,1-31)
АСТ ед/л	363(268-387) <sup>к</sup>	307(249,2-352) <sup>к</sup>	250 (178-350) <sup>1</sup>	144(114-181)
Билирубин мкмоль/л	3,2(1,9-4,1) <sup>к</sup>	4,1(3,1-4,9) <sup>к1</sup>	3,0(2,1-3,9) <sup>к2</sup>	6,2(5,9-7,1)
Мочевина моль/л	11,0(10,7-12,2)	8,5(6,8-10,1) <sup>1</sup>	10,0(9,7-10,5)	7,2(5,2-9,3)
Креатинин моль/л	88,0(82,4-88,1)	79,0(74,4-86,7) <sup>к1</sup>	78,0(63-91)	82,3(81,7-88,3)
Хс ммоль/л	1,6(1,2-2,1)	2,1(1,95-2,25) <sup>к1</sup>	2,0(1,8-2,3) <sup>1</sup>	1,4(1,1-1,9)
Глюкоза моль/л	6,0(5,2-7,1)	9,5(6,3-11,6) <sup>1</sup>	6,6(6,4-6,7)	6,7(6,3-6,9)
Г <sub>3</sub> нмоль/л	0,9(0,7-1,3) <sup>к</sup>	1,42(1,3-1,7) <sup>к1</sup>	1,4(1,39-1,44) <sup>к1</sup>	2,9(2,8-3,1)

Уровень АЛТ и АСТ был достоверно выше у животных опытных групп, что может свидетельствовать о повреждении гепатоцитов у животных опытных групп.

Для опытных групп была характерна и статистически значимая более низкая, по сравнению с контролем, концентрация трийодтиронина в крови – на 69, 51 и 52 %, что характерно для состояния тканевого гипотиреоза, вызванного стрессом (Cremaschi G.A., et al. 2000). Таким образом, пищевой стресс повлиял на состояние белкового, жирового и углеводного обмена в организме. При этом наблюдалось снижение антиоксидантной защиты, о чем свидетельствовало снижение активности глутатионпероксидазы, особенно в I (p=0,000) и II опытных группах и тенденция к снижению СОД.

Концентрация свободных АК в различных тканях организма и в плазме крови отражает состояние белкового обмена в целом, а также адекватность поступления АК с пищей. (Османова С.О. и др., 2015; Омаров М.О., 2001). Большинство исследователей в качестве субстрата для изучения обмена свободных АК выбирают плазму крови, однако такой подход не всегда является эффективным. Так, J. A. Schmidt et al. (2016) в своем исследовании не нашли четкого отражения особенностей диеты на АК составе плазмы крови. Такой результат может быть обусловлен в первую очередь тем, что плазма крови достаточно стабильная среда, а также следует учитывать, что в плазме крови содержится только 3 % свободных аминокислот. С другой стороны, около 50 % всех свободных АК находится в мышечной ткани, следовательно, можно говорить о том, что мышечная ткань является своеобразным депо АК. При этом известно, что несбалансированное питание оказывает существенное воздействие на состояние мышечной ткани. (Kobayashi Y. et al., 2016).

По результатам исследований установлено, что характер питания непосредственным образом отражается на аминокислотном составе мышечной ткани (рисунок 2). Как видно на представленной гистограмме, в опытных группах наблюдалось снижение содержания практически всех аминокислот. Так, уровень валина (V) был ниже на 1,5 (p = 0,025), 62,3 (p = 0,000), 80,7 (p = 0,000) % в I, II, III группах соответственно, по сравнению с контролем. Уровень лейцин-изолейцина (LI) снизился на 9,6 % (p = 0,005) и 13,7 % в I и II группах соответственно. Наименьшее содержание лизина (K) в мышечной ткани, на 21,8 % ниже, чем в контроле было зафиксировано во II опытной группе (p = 0,000). Тогда как в I и III группах содержание лизина было ниже на 11,4 % и 9,1 % (p = 0,000) соответственно. Влияние продуктов быстрого приготовления отразилось и на содержании треонина: в опытных группах зафиксировано достоверно более низкое значение этого показателя на 30,7 (p = 0,003), 24,6 и 9,2 % в I, II и III группах соответственно.

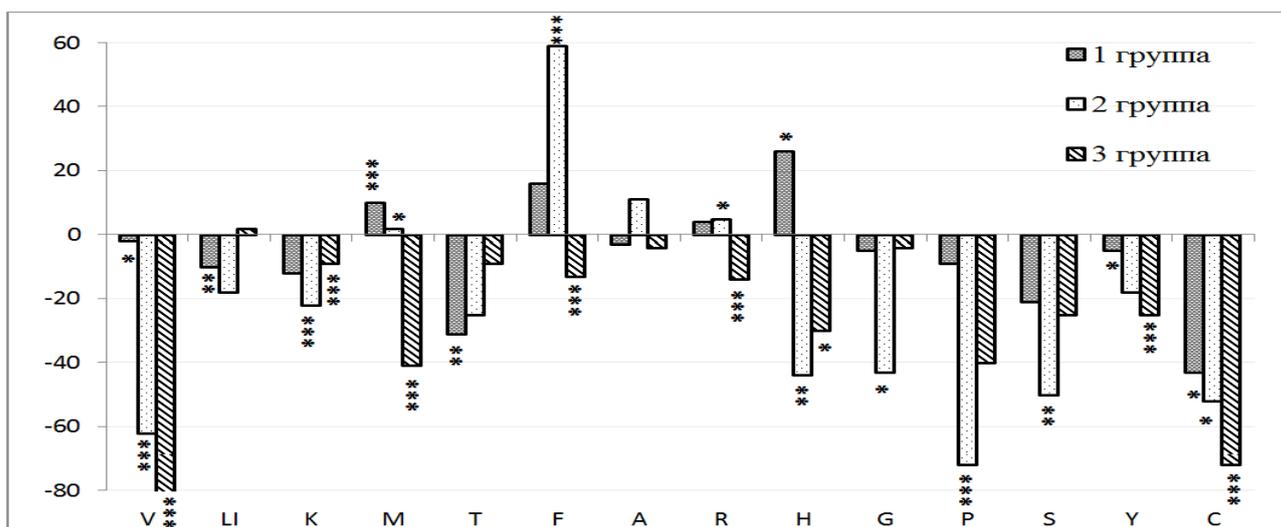


Рисунок 2 – Относительное содержание аминокислот в мышечной ткани животных опытных групп, по сравнению с контролем, %

Примечание (здесь и далее): за ноль взяты значения содержания аминокислот в контрольной группе; значком \* обозначена достоверная разница с контрольной ( $p \leq 0,05$ ), \*\* - ( $p \leq 0,01$ ), \*\*\* - ( $p \leq 0,001$ )

Включение в рацион лабораторных животных ММО привело к более низкому, на 41,0 % ( $p = 0,000$ ), содержанию метионина. Включение в рацион ПБП, напротив сопровождалось незначительным увеличением данной аминокислоты на 10,2 % ( $p = 0,001$ ) и 2,5 % ( $p = 0,025$ ) в I и II группах соответственно.

Значительное возрастание аминокислоты фенилаланина наблюдалось в мышечной ткани животных II группы (на 59,0 %;  $p = 0,000$ ). В I группе животных уровень данной аминокислоты также выше контроля на 16,3 %, однако на 26,8 % ( $p = 0,000$ ) ниже, чем во II опытной группе. Данные изменения можно объяснить активным использованием фенилаланина в пищевой промышленности при производстве газированных напитков.

Снижение веса у животных опытных групп на наш взгляд во многом объясняется неадекватным содержанием в экспериментальном рационе аминокислот с разветвленной цепью. Известно, что аминокислоты с разветвленной боковой цепью являются незаменимыми, а их метаболизм во многом происходит в ткани скелетной мускулатуры (Neinast M. et al., 2019). Как было описано выше, в мышечной ткани экспериментальных животных установлено снижение валина, лейцина и изолейцина, т.е. всей группы аминокислот с разветвленной боковой цепью. Возможно, данные изменения послужили молекулярной основой изменений в клиническом анализе крови. Так как установлено, что добавление в рацион АК с разветвленной боковой цепью ведет к увеличению концентрации гемоглобина и к снижению показателей лейкоцитов (Трушина Э. Н. и др., 2019).

Введение в состав рациона ММО сопровождалось снижением содержания цистеина в мышечной ткани – на 71,4 % относительно контроля ( $p = 0,000$ ). Данная АК, как и пролин, принимает участие в формировании коллагена и можно предположить, что злоупотребление продуктами, содержащими ММО, повлечет за собой снижение эластичности мышечной ткани. Содержание цистеина снижено и в I и во II опытных группах на 42,8 % ( $p = 0,023$ ) и 51,4 % ( $p = 0,010$ ) соответственно. Цистеин, наряду с аргинином и пролином во многом обеспечивают рост организма (Лысиков Ю. А., 2012). Возможным объяснением некоторого снижения массы тела животных экспериментальных групп может служить недостаток вышеперечисленных АК в совокупности с дефицитом АК с разветвленной боковой цепью. Во всех опытных группах наблюдалось более низкое содержание тирозина, аминокислоты, участвующей в регуляции ферментативной активности.

С учетом статистически значимых различий с контрольной группой, аминокислотный состав мышечной ткани животных опытных групп можно представить следующим образом:

$$I = \frac{M, H \uparrow}{V, LI, T, Y, C \downarrow}; \quad II = \frac{M, F, R \uparrow}{V, K, H, G, P, S, C \downarrow}; \quad III = \frac{-\uparrow}{V, K, M, F, R, H, T, C \downarrow}.$$

Таким образом, можно отметить, что наибольшее влияние на аминокислотный состав мышечной ткани оказало введение в рацион лабораторных животных ПБП в сочетании с газированным безалкогольным напитком. При этом наблюдалось достоверное снижение содержания валина (в 2,6 раза), лизина (в 1,3 раза), гистидина (в 1,8 раза), глицина (в 1,7 раза), пролина (в 3,6 раза), серина (в 2 раза) и цистеина (в 2 раза) и увеличение количества фенилаланина (в 1,6 раз), аргинина и метионина. Кроме того, в этой группе отмечалась также тенденция к снижению содержания лейцин-изолейцина, треонина и тирозина.

Несмотря на то, что в печени содержится только 6 % всех свободных АК организма, этому органу отводится ключевая роль в регуляции белкового обмена. Большинство незаменимых АК, за исключением аминокислот с разветвленной боковой цепью, деградируются именно в печени. Белки плазмы крови, кроме гамма-глобулина, синтезируются, и почти половина их катализируется печенью (Османова С. О. и др., 2015). Поэтому другим субстратом для изучения аминокислотного статуса организма животных нами была выбрана ткань печени.

Включение в состав рациона лабораторных животных продуктов быстрого приготовления не повлияло на уровень содержания общего белка в печеночной ткани, и в контрольной группе составило 20,5 %, а в опытных – 19,8, 19,2 и 21,3 %, соответственно. Однако, применение синтетических рационов на протяжении 8 недель оказало влияние на более «тонком» уровне - на аминокислотный состав (рисунок 3).

Как видно из представленной гистограммы, наибольшие изменения, связанные, в основном, с накоплением отдельных АК, зафиксированы в I и II группах. Так, в период проведения эксперимента уровень незаменимой аминокислоты валина у животных I и II опытных групп оказался, соответственно, выше в 4,2 ( $p = 0,005$ ) и 3,5 раза ( $p = 0,000$ ), чем в контрольной. Так как АК валин относится к протеиногенным, предполагается, что увеличение ее в данном органе объясняется нарушением белкового обмена. Потребление в составе рациона газированного напитка достоверно снизило уровень треонина в печеночной ткани на 25% ( $p = 0,000$ ).

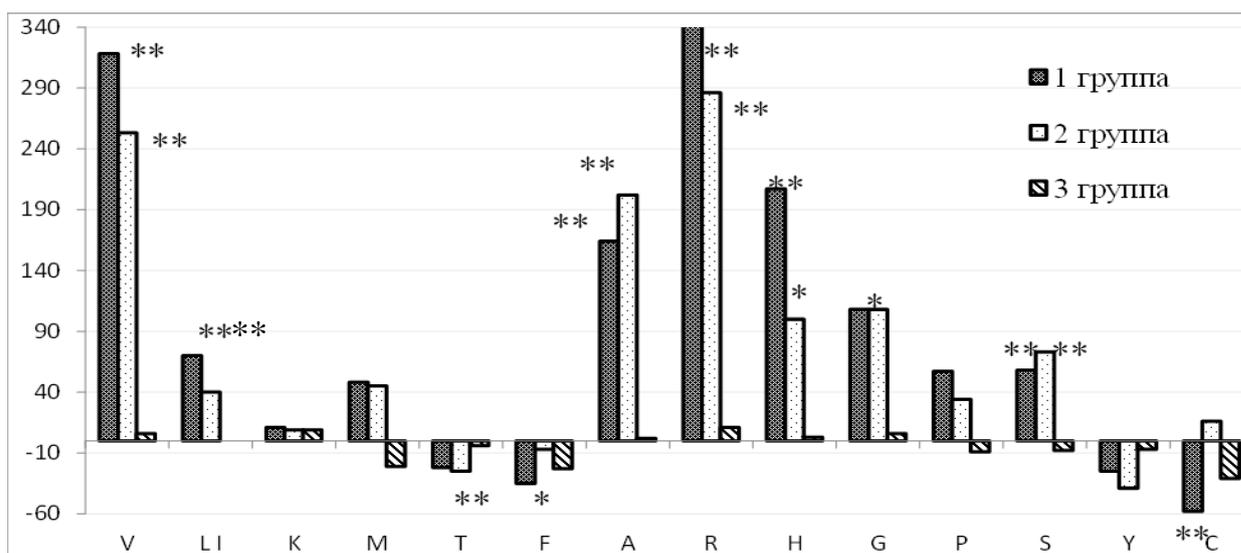


Рисунок 3 – Относительное содержание аминокислот в печени животных опытных групп, по сравнению с контролем, %

В то же время сочетание основного рациона с ПБП и водой привело к снижению фенилаланина на 34,6% ( $p = 0,025$ ), в сравнении с контрольной группой. Уровень аланина увеличился в I и II группе в 2,6 ( $p = 0,000$ ) и 3 раза ( $p = 0,000$ ), аргинина – в 4,9 ( $p = 0,000$ ) и 3,8 раза ( $p = 0,000$ ), гистидина – в 3 ( $p = 0,002$ ) и в 2 ( $p = 0,023$ ) раза, серина в 1,6 ( $p = 0,002$ ) и 1,7 раза ( $p = 0,000$ ). В то же время включение в состав рациона ММО практически не изменило уровень заменимых АК в печеночной ткани в сравнении с контрольной группой. В целом уровень АК в опытных группах статистически значимо отличался от контрольной следующим образом:

$$I = \frac{V, LI, H, A, R, S \uparrow}{T, F, C \downarrow}; \quad II = \frac{V, LI, M, H, A, R, G, S \uparrow}{T \downarrow}; \quad III = \frac{-\uparrow}{M, P, C \downarrow}.$$

Полученные данные согласуются с работами, проведенными ранее и свидетельствующими, что стресс в сочетании с ограничением диеты вдвое увеличивает поглощение печенью таких АК как аланин, аргинин, глицин и серин (Heindorff H. et al.), а дефицит в диете отдельных АК сопровождается более высоким содержанием в печени как дефицитных в рационе АК, так и общей суммы свободных АК (Османова С.О., 2015). Таким образом, при сравнении с контролем, наибольшее влияние на аминокислотный состав ткани печени оказало введение в рацион животных ПБП как в сочетании с водой, так и с газированным напитком. Изучение аминокислотного состава печеночной ткани позволяет нам говорить о негативном влиянии ПБП, в том числе в сочетании с газированным напитком при поступлении в составе основного рациона на белковый обмен организма животных.

Потребление продуктов быстрого приготовления, газированного напитка и мяса механической обвалки также отразилось на элементном составе печени лабораторных животных (рисунок 4).

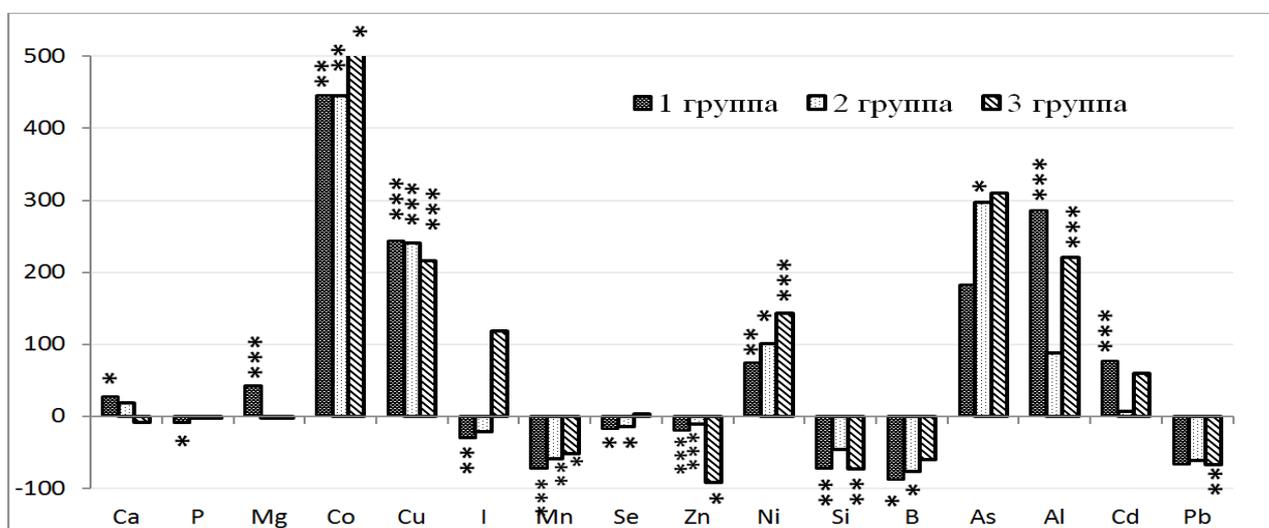


Рисунок 4 – Относительные значения содержания химических элементов в ткани печени животных опытных групп по сравнению с контролем, %

Обращает на себя внимание ряд элементов, содержание которых достоверно изменилось во всех трех опытных группах: кобальт, медь, марганец, никель и цинк. Значительно повысилось содержание кобальта, меди и никеля в печени животных, потреблявших продукты быстрого приготовления, газированный напиток и ММО, в то время как содержание марганца и цинка снизилось. Полученные нами результаты согласуются с проведенными ранее исследованиями, подтверждающими влияние диеты на элементный состав различных тканей организма человека и животных. В исследованиях Durkales et al. (2018) было выявлено снижение концентрации Mn и Zn в печени животных, получавших несбалансированное питание. Nikolic D. et al. (2017) показали связь диеты с концентрацией Zn, Cu, Mn, Se, Cr в печени животных. Ряд исследований подтверждают связь между уровнем тяжелых металлов в диете и их

концентрацией в печени (Hashemi M., 2018). Hessah Mohammed Al-Muzafar and Kamal Adel Amin (2019) выявили снижение концентрации в печени лабораторных животных (крысы) цинка, марганца, селена и увеличения содержания меди и железа на фоне диеты с высоким содержанием жиров и сахарозы.

Учитывая, что содержание пяти химических элементов достоверно изменилось в печени животных всех трех опытных групп, мы провели корреляционный анализ, позволивший выявить взаимосвязь этих химических элементов с содержанием аминокислот в печени и показателями биохимического анализа крови лабораторных животных (рисунок 5).

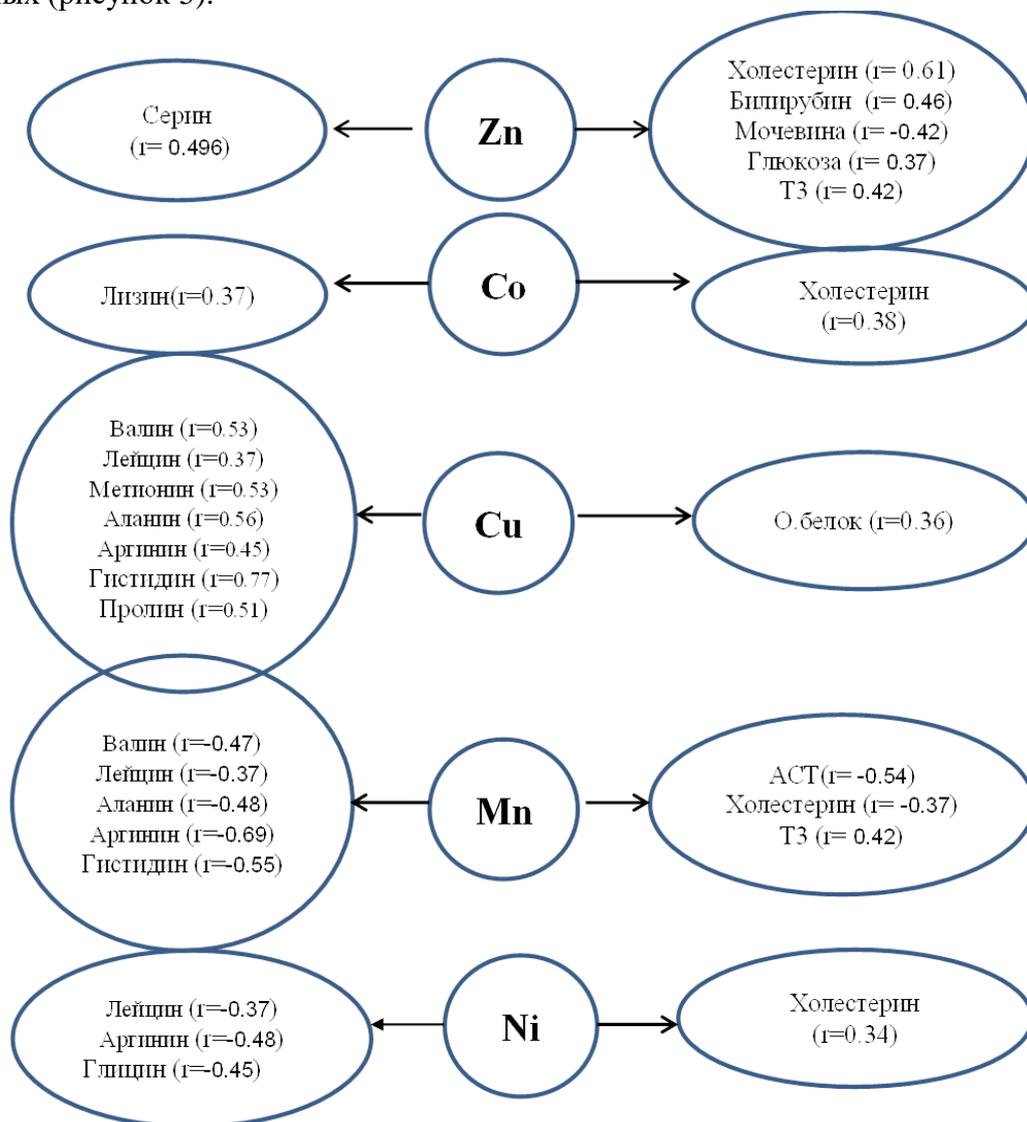


Рисунок 5 –Взаимосвязь содержания химических элементов, аминокислот печени и показателей биохимического анализа крови лабораторных животных

При проведении корреляционного анализа наибольшее количество взаимосвязей с аминокислотами печени выявлено для Cu и Mn. Оба эти элемента коррелировали с валином, лейцином, аланином, аргинином и гистидином ткани печени. Однако для Cu корреляция была положительной, а для Mn - отрицательной. Содержание Zn в печеночной ткани положительно коррелировало с концентрацией серина ( $r=0.496$ ). Для Co обнаружена взаимосвязь с лизином ( $r=0.373$ ). Кроме того, Ni коррелировал с содержанием лейцина ( $r=-0.372$ ), аргинина ( $r=-0.476$ ) и глицина ( $r=-0.453$ ). Поиск закономерностей в обмене АК и микроэлементов на сегодняшний день остается актуальной задачей. Однако традиционно субстратом в таких исследованиях выступает плазма крови. Так, в работе F. Gok et al.(2016) авторы обнаруживают ряд достоверных корреляционных взаимосвязей между основными эссенциальными элементами и рядом

аминокислот плазмы крови. Интересным представляется, что в данном исследовании концентрация Cu положительно коррелировала с аргинином и гидроксипролином плазмы крови, тогда как в нашей работе обнаружена корреляция между Cu, аргинином и пролином в ткани печени (Gok F., et al, 2016). Кроме того, нами был проведен поиск корреляционных взаимосвязей между эссенциальными элементами печени и биохимическими показателями крови. При этом наибольшее количество корреляций выявлено для Zn. Обращает на себя внимание положительная взаимосвязь между Zn печени и уровнем холестерина ( $r=0.605$ ). Многочисленные исследования указывают на влияние уровня Zn на липидный профиль сыворотки крови (Azab S.F.A. et al., 2014). Кроме цинка, взаимосвязь с холестерином была получена для кобальта ( $r=0.375$ ) и марганца ( $r= -0.374$ ). Сравнение элементного состава мышечных тканей лабораторных животных, содержащихся на синтетических рационах, показало значительные различия (рисунок б).

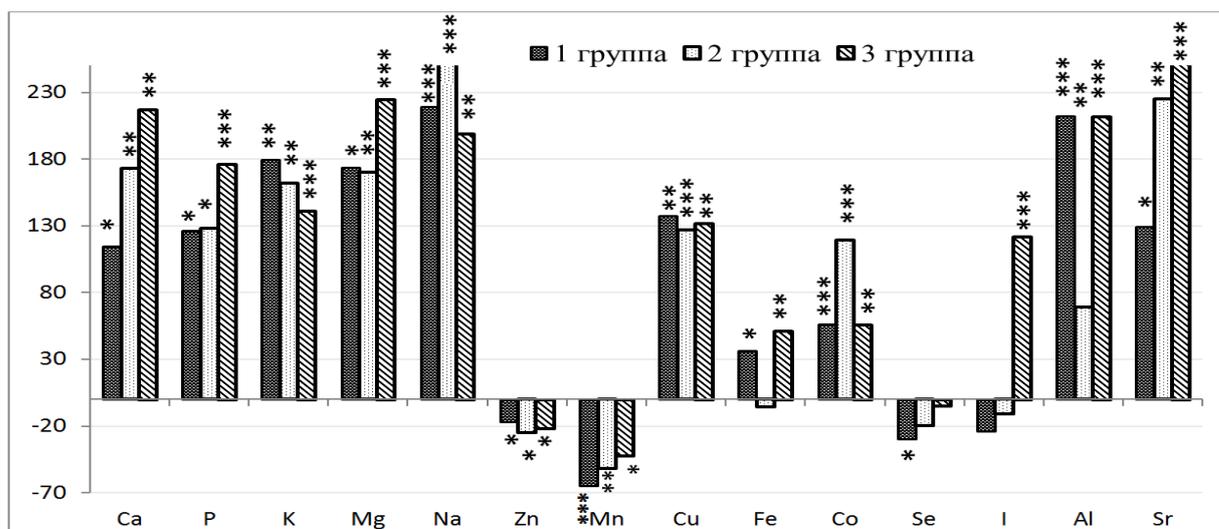


Рисунок б – Относительные значения содержания химических элементов в мышечной ткани животных опытных групп по сравнению с контролем, %

Обращает на себя внимание увеличение содержания большинства изученных химических элементов в мышцах лабораторных животных всех опытных групп. В тоже время зафиксировано статистически значимое снижение Zn во всех опытных группах по отношению к контрольной: в I группе в 1,2 раза, во II и III - в 1,3 раза. Содержание Mn также оказалось сниженным в мышцах животных всех опытных групп: в 2,8 раз в I группе, в 2 раза во II группе и в 1,7 раз в III. Содержание Se достоверно снизилось только в I опытной группе в 1,4 раза. Кроме оценки средних значений, интерес представляют изменения соотношения отдельных элементов, среди которых наиболее значимыми считаются соотношения Na/K, Ca/P, Ca/Mg, Cu/Zn, Cu/Fe (Гресь Н. А., Тарасюк И.В., 2008). Изменение содержания отдельных элементов в опытных группах сопровождалось отклонением и в соотношении этих элементов. Соотношение Ca/Mg характеризовалось снижением в опытных группах на 22,3 и 16,8% (за счет большего увеличения Mg), а K/Na – на 12,0-28,0% (за счет значительного увеличения Na). Соотношение Cu/Zn в опытных группах увеличилось в 3,1-3,4 раза. Учитывая, что Cu является функциональным антагонистом Zn, изменение баланса этих элементов может привести к нарушению работы Cu и Zn зависимых ферментных систем. Таким образом, анализ полученных результатов по содержанию химических элементов в биосубстратах лабораторных животных свидетельствует о том, что минеральный баланс мышечной ткани более восприимчивым к диете, содержащей ПБП и ГН, в отличие от печени, где дисбаланс химических элементов носил менее выраженный характер.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные в нашем исследовании данные являются наглядной демонстрацией адаптационных изменений организма в ответ на изменение рациона, которое можно

характеризовать как пищевой стресс. Различные стрессовые факторы, по справедливому мнению Д.С.Саркисова, влияют на функционирование организма только опосредованно, через воздействие на структуры, вырабатывающие эту функцию. Как показали наши исследования, даже при достаточно длительном изменении рациона на организменном уровне изменения минимальные. И это следствие гомеостатической направленности компенсаторно-приспособительных реакций организма. Однако, выявленные нами изменения на более тонком уровне – элементном и аминокислотном свидетельствуют о выраженном напряжении компенсаторно-приспособительных реакций.

Проведенное исследование позволяет сделать следующие **выводы**:

1. В результате комплексного физиологического исследования выявлено влияние пищевого стресса на психофизиологические параметры, активность ферментов антиоксидантной защиты, аминокислотный и элементный статусы, а также биохимические параметры организма лабораторных животных.

2. Регулярное потребление ПБП активизировало сложный набор поведенческих реакций, характеризующихся более высокой исследовательской активностью и некоторым снижением уровня тревоги в незнакомом месте. В группе животных, потреблявших ПБП с газированным напитком, изменения в поведении были наиболее выраженными.

3. Оценка клинического анализа крови показала, что потребление ПБП сопровождается снижением уровня эритроцитов (на 17 и 27 % в I и III группах,  $p \leq 0,05$ ), гемоглобина (на 12 и 23 % в I и III группах,  $p \leq 0,05$ ), увеличением лейкоцитов и тромбоцитов (на 134 и 37 % во II группе,  $p \leq 0,05$ ) по сравнению с контролем и изменением характера неспецифических реакций адаптации от тренировки (контрольная группа) к спокойной активации (I и III группы) и переактивации (II группа).

4. Установлено, что регулярное потребление ПБП приводит к нарушению белкового и липидного обмена, о чем свидетельствуют более низкие значения общего белка на фоне повышения мочевины и холестерина в крови животных опытных групп. Наличие в рационе II группы газированного напитка привело к статистически значимому повышению уровня глюкозы в крови на 42 %, по отношению к I группе. Хронический пищевой стресс приводит к снижению антиоксидантной защиты организма, о чем свидетельствует снижение активности глутатионпероксидазы и супероксиддисмутазы.

5. Пищевой стресс приводит к изменению содержания аминокислот в тканях: в мышечной ткани, в основном, наблюдалось снижение содержания большинства аминокислот, а в печени – увеличение. Наибольшее влияние на аминокислотный состав мышечной ткани и печени оказало введение в рацион животных ПБП в сочетании с газированным напитком.

6. Регулярное потребление продуктов быстрого приготовления, вне зависимости от вида экспериментального рациона, приводит к схожим изменениям: в печени дисбаланс элементного состава характеризовался накоплением Co, Cu, Ni и снижением содержания Zn, Mn, Si; в мышечной ткани - накоплением Ca, P, K, Mg, Na, Cu, Co, Al, Sr и снижением содержания Zn, Mn, Se.

7. Выявлена тесная взаимосвязь между элементным и аминокислотным составом печени лабораторных животных. Наибольшее количество взаимосвязей с аминокислотами печени выявлено для Cu и Mn. Установлена достоверная корреляционная взаимосвязь между уровнем глутатионпероксидазы и концентрацией Se в ткани печени животных опытной группы (I группа -  $r=0.793$ ).

#### **Практические рекомендации**

1. Полученные данные рекомендуется использовать врачами-терапевтами студенческой поликлиники для мониторинга состояния здоровья студентов.
2. Для повышения уровня знаний студентов рекомендуется внедрять в учебно-образовательный процесс высшей школы сведения об особенностях аминокислотного и элементного статуса организма при употреблении продуктов быстрого приготовления.

**Перспективы дальнейшей разработки темы.** Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение влияния пищевого стресса на элементный статус волос - биосубстрата, который вовлечен в процессы депонирования и аккумуляции химических веществ с целью неинвазивной, донозологической диагностики дисэлементозов, вызванных потреблением продуктов быстрого приготовления.

**Список работ, опубликованных по теме диссертации:**

1. Дускаева А.Х. Оценка влияния продуктов быстрого приготовления на поведение лабораторных животных / А.Х. Дускаева // **Материалы XV Всероссийского симпозиума «Эколого-физиологические проблемы адаптации».** 6-9 июня 2012 г. – Москва: РУДН, 2012. – С.73-75.
2. Дускаева А.Х. Показатели белкового обмена лабораторных животных в процессе фенотипической адаптации к изменению рациона / А.Х. Дускаева, С.В. Мирошников // **Вестник Оренбургского государственного университета.** - 2012. - №10. – С.40-42.
3. Дускаева А.Х. Влияние пищевого стресса на гематологические показатели лабораторных животных / А.Х. Дускаева, С.В. Нотова // **Вопросы питания.** – 2014.– т.83. - №3. – С.256-257.
4. Нотова С.В. Аминокислотный статус мышечной ткани лабораторных животных при пищевом стрессе / С.В. Нотова, А.Х.Дускаева / **Материалы IV съезда физиологов СНГ «Физиология и здоровье человека».** Сочи-Дагомыс, 8-12 октября 2014 г. – С.213-214.
5. Notova S. V. Change of Elemental Composition in Muscular Tissue and Hair under Food Stress / S. V. Notova, A. H. Duskaeva, S. A. Miroshnikov, G. K. Duskaev, E. A. Sizova // **Biosciences Biotechnology Research Asia.** – 2015. - №12. - 25-31. (Scopus)
6. Notova S. Element Status of Organism under Influence of Food Stress in Wistar Rats / S. Notova, A. Duskaeva, S. Miroshnikov, G. Duskaev, E. Barysheva, E. Sizova // **International Journal of Biological Chemistry.** - 2015. - 9(3). - 142-147. (Scopus)
7. Notova S., Duskaeva A., Alidzhanova I. Changes of toxic elements in rats influenced by nutritional stress. International Conference Trace Elements between deficiency and toxicity: update and perspectives. Modena, October 1-2, 2015. pp.25.
8. Notova S. V. Influence of Fast Food Products on Amino Acid Status of Laboratory Animals / S. V. Notova, A. K. Duskaeva, E. V. Kiyayeva, I. E. Laryushina, E. S. Barysheva // **Journal of Pharmaceutical Sciences and Research.** - 2017. - 9(12). - 2596-2598. (Scopus)
9. Notova S.V. The balance of zinc and physiologically related elements under nutritional stress / S.V. Notova, A.H. Duskaeva, T.V. Kazakova, O.V. Marshinskaya // **Materials of conference 33. Joint Annual Meeting of the German Society for Minerals and Trace Elements (GMS) with Zinc-UK «Zinc and other Transition Metals in Health and Disease».** – 2017. P. 33.
10. Notova S. V. Influence of fast-food products on liver element composition and metabolic parameters of laboratory animals / S. V. Notova, E. V. Kiyayeva, I. E. Laryushina, A. K. Duskaeva // **Trace Elements and Electrolytes.** - 2018. - 35(4). - 228. (Web of Science)
11. Notova S. Changes in elemental status and biochemical parameters under the influence of nutrition stress / S. Notova, A. Duskaeva, I. Larjushina, E. Kiyayeva, T. Kazakova, O. Marshinskaya // **FEBS Open Bio.** - 2018. - 8(S1). - 226-227. (Web of Science)

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АК - аминокислоты	А - аланин
АЛТ - аланинаминотрансфераза	С - цистеин
АСТ - аспаратаминотрансфераза	Г - глицин
ГН – газированный напиток	F - фенилаланин
ГП - глутатионпероксидаза	Н - гистидин
ГДА - горизонтальная двигательная активность	К- лизин
ВДА - вертикальная двигательная активность	LI - дейцин – изолейцин
ММО - мясо механической обвалки	М - метионин
ПБП – продукты быстрого приготовления	Р - пролин
СОД - супероксиддисмутаза	S - серин
ОР – основной сбалансированный рацион	Т - треонин
Хс - холестерин	R - аргинин
	V - валин
	Y - тирозин

**Дускаева Айнагуль Хабидуллоевна (Российская Федерация)**

**Влияние пищевого стресса на функциональное состояние, аминокислотный и элементный статус лабораторных животных**

Работа посвящена изучению функционального состояния организма, аминокислотного и элементного статуса в условиях воздействия пищевого стресса. Изучены психофизиологические особенности, биохимические параметры, активность ферментов антиоксидантной защиты, показатели неспецифических реакций адаптации, аминокислотный и элементный состав различных биосубстратов (печень, мышечная ткань) лабораторных животных при регулярном потреблении продуктов быстрого приготовления. Установлено, что пищевой стресс приводит к нарушению белкового, липидного и минерального обмена. Выявлены взаимосвязи между элементным и аминокислотным статусом организма в условиях воздействия пищевого стресса.

Duskaeva Ainagul Khabidulloeva (Russian Federation)

**The influence of food stress on the functional state, amino acid and elemental status of laboratory animals**

The work is devoted to the study of the functional state of organism, amino acid and elemental status under the influence of food stress. The psychophysiological features, biochemical parameters, the activity of antioxidant defense enzymes, indicators of non-specific adaptation reactions, amino acid and elemental composition of various biosubstrates (liver, muscle tissue) of laboratory animals were studied with regular consumption of instant foods. It has been established that food stress leads to disruption of protein, lipid and mineral metabolism. The relationships between the elemental and amino acid status of the organism under the influence of food stress are revealed.