

На правах рукописи



Киричук Анатолий Александрович

**ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ ПРИ
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ МОСКОВСКОГО
МЕГАПОЛИСА**

1.5.15 – экология (биологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

доктора биологических наук

Москва - 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов»

Научные консультанты

Заслуженный деятель науки РФ,
доктор медицинских наук, профессор
Чижов Алексей Ярославович

доктор медицинских наук, профессор
Скальный Анатолий Викторович

Официальные оппоненты

Разумов Александр Николаевич

Академик РАН, доктор медицинских наук, профессор,
Государственное автономное учреждение здравоохранения
города Москвы «Московский научно-практический центр
медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной
медицины Департамента здравоохранения города Москвы»,
президент

Курамшина Наталья Георгиевна

доктор биологических наук, профессор
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Уфимский государственный
авиационный технический университет», профессор кафедры
безопасности производства и промышленной экологии

Башкирева Татьяна Валентиновна

доктор биологических наук, доцент,
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Рязанский государственный
университет им. С.А. Есенина», профессор кафедры общей
психологии

Ведущая организация

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр
стратегического планирования и управления медико-
биологическими рисками здоровью» Федерального медико-
биологического агентства Российской Федерации

Защита состоится «__» _____ 2022г. в ____ ч. на заседании диссертационного
совета 24.2.281.02 при ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» по адресу: 600000, г. Владимир,
ул. Горького, 87, корп.1, ауд. 335.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ВлГУ и на сайте
<http://diss.vlsu.ru/>.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, можно присылать по
адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, 87, ВлГУ, кафедра биологии и экологии.

Автореферат разослан «__» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Кулагина Екатерина Юрьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Решение экологических проблем и устойчивого развития в последние годы вошло в повестку большинства стран и регионов мира. Загрязнение окружающей среды, изменение климатических условий и питания, массовая миграция приводят к нарушению адаптации человека в измененной среде обитания.

В современном мире одной из характерных тенденций развития высшего образования является динамический рост студенческой миграции. В условиях мировой глобализации и требований реформы образования все больше иностранных граждан приезжает учиться в российские вузы.

Процесс экологической адаптации организма человека к неблагоприятным факторам окружающей среды затрагивает все уровни функциональной организации – от молекулярного и клеточного до организменного. Адаптация требует больших материальных ресурсов, так как увеличивается потребность организма в кислороде, ферментах, гормонах, витаминах и химических элементах (Овсянникова, 2010; Нотова и др., 2015).

Учитывая немаловажную роль макро- и микроэлементов как эссенциальных микронутриентов в реализации физиологических функций организма (Авцын и др., 1991; Толмачева, 2011; Оберлис и др., 2018; Anke et al., 2002; Skalnaya, Skalny, 2018), предполагается, что нарушения их обмена могут вносить значительный вклад в дисфункцию регуляторных систем и, как следствие, повышать восприимчивость к стрессорным факторам. В частности, показано, что характеристики элементного статуса тесно связаны с различиями в адаптационных реакциях и вегетативном статусе студентов (Нотова, Быков, 2005; Агаджанян, Северин, 2006; Овсянникова, 2010; Мирошников и др., 2011; Рахманин и др., 2020).

Иностранные студенты из стран Африки, Ближнего и Среднего Востока, Азии и Латинской Америки, прибывшие на обучение в высшие учебные заведения Российской Федерации, сталкиваются с различными факторами, вызывающими сложности в процессе адаптации, такими как непривычные эколого-климатические условия, смена биоритмов, языковые и культурные барьеры, изменение

социальной и бытовой среды, смена режима питания, психофизиологические аспекты, интенсивные учебные нагрузки. Под воздействием всех этих факторов у иностранных студентов могут возникать функциональные нарушения в организме. Наиболее выражено эти процессы наблюдаются у студентов, прибывающих на учебу в среднюю полосу России из стран субтропического и тропического климата (Агаджанян и др., 1989, 2005, 2006, 2009; Ермакова, 1997; Витковская, Троцук, 2004; Торшин и др., 2012; Якунина, 2013; Самаров, 2014; Северин и др., 2014; Севрюкова и др., 2015, 2018; Леонов и др., 2018; Ключникова, 2018).

Многолетние фундаментальные исследования свидетельствуют о наличии эколого-физиологических особенностей адаптации организма человека к различным условиям среды обитания и указывают на существенные различия в активности функциональных систем в зависимости от экологических и климатогеографических факторов (Казначеев, 1980; Алексеева, 1986, 1998; Северин, 1996; Ермакова, 1997; Макарова, 2001; Агаджанян и др., 2001, 2007, 2010; Батоцыренова, 2007; Целых, 2009; Цатурян, 2009; Гомбоева, 2012; Ожева, 2012; Торшин и др., 2012; Сафронова, 2013; Севрюкова и др., 2019; Новиков, Шустов, 2021). В современной отечественной научной литературе практически отсутствуют данные о влиянии нарушений обмена химических элементов на активность функциональных систем организма иностранных студентов, обучающихся в РФ.

В научной литературе давно поднимается вопрос о путях коррекции дефицита микро- и макроэлементов в организме человека, которые регистрируются в том или ином регионе (Авцын и др., 1991; Агаджанян и др., 2001, 2013, 2016; Нотова и др., 2006, 2017; Скальный, 2018). Питание является оптимальным физиологическим способом коррекции элементного статуса человека и, соответственно, улучшения его адаптационного потенциала и профилактики алиментарно зависимых болезней (Оберлис и др., 2020; Скальный, Киричук, 2020).

Данные о влиянии эссенциальных и токсичных элементов на сердечно-сосудистую систему, свидетельствуют о значительном риске нарушений её деятельности при дисбалансе функциональных систем, в том числе вызванных нарушениями элементного статуса. Это обуславливает возможность

нутрициологической коррекции обмена химических элементов в организме с целью повышения функциональных резервов и адаптационного потенциала иностранных студентов.

Актуальность данной работы определяется важностью проблемы экологической адаптации организма иностранных студентов, находящихся в необычные условия временного проживания, для повышения качества жизни и учебного процесса. До настоящего времени не разработаны практические рекомендации по нутрициологической профилактике нарушений и коррекции элементного статуса, сопровождающихся развитием неблагоприятных адаптационных реакций, дисбалансом активности функциональных систем организма студентов из различных регионов мира.

Цель исследования: выявление взаимосвязей между элементным статусом и особенностями экологической адаптации иностранных студентов к условиям московского мегаполиса для профилактики и коррекции выявленных нарушений адаптационного процесса.

Задачи исследования

1. Исследовать содержание эссенциальных и токсичных элементов в индикаторных биосубстратах, выявить региональные детерминанты элементного статуса иностранных студентов и студентов из московского мегаполиса.
2. Установить взаимосвязи между паттернами обмена макро- и микроэлементов с функциональными параметрами сердечно-сосудистой системы у студентов из различных регионов мира.
3. Проанализировать характер изменения обмена эссенциальных и токсичных элементов в зависимости от содержания селена в организме человека.
4. Изучить особенности характера адаптационных реакций и параметров сердечно-сосудистой системы организма иностранных студентов первого курса из различных регионов мира в острую фазу адаптации.
5. Провести сравнительную оценку степени дисбаланса и активности функциональных систем у иностранных и российских студентов в условиях московского мегаполиса.

6. Оценить характер действия профилактических доз приема магния на функциональные показатели сердечно-сосудистой системы и выраженность стрессовых реакций у иностранных студентов.

7. Изучить влияние содержания селена в хлебе и зерновых культурах, выращенных в селеноносных провинциях Индии, на обмен макро- и микроэлементов.

Положения, выносимые на защиту

1. Дефицит эссенциальных и избыток токсичных микроэлементов, нарушения обмена химических элементов в организме студентов из стран Африки, Латинской Америки, Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока более выражены по сравнению со студентами из московского региона. Выявленные нарушения тесно связаны с регионом проживания студентов, а также выраженностью неблагоприятных адаптационных реакций, состоянием суммарной активности функциональных систем организма и степенью их дисбаланса.

2. Иностранные студенты из стран Африки, Латинской Америки, Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока при поступлении на первый курс высшего учебного заведения, по сравнению со студентами из Москвы, характеризуются преобладанием неблагоприятных адаптационных реакций (реакции переактивации, острого и хронического стресса), повышенным напряжением и дисбалансом функциональных систем организма, а также нарушением функциональных параметров сердечно-сосудистой системы.

3. Дополнительный прием магния сопровождается нормализацией его обмена, снижением нарушений активности функциональных систем и нормализацией функциональных параметров сердечно-сосудистой системы у иностранных студентов, находящихся в условиях выраженного напряжения.

4. Поступление селена с хлебом, изготовленным из зерновых, выращенных на селеноносных почвах, сопровождается формированием избытка селена в организме, а также системными изменениями обмена эссенциальных и токсичных химических элементов, свидетельствующими в пользу селен-индуцированной мобилизации химических элементов из депо.

Научна новизна. Новым являются данные, полученные в результате комплексного анализа элементного статуса иностранных студентов из различных регионов мира при экологической адаптации к условиям московского мегаполиса.

В ходе исследования впервые отмечено, что нарушение обмена химических элементов, в первую очередь, железа, цинка, магния, селена, а также свинца, в организме иностранных студентов может формировать существенные нарушения активности функциональных систем.

Впервые составлен эколого-физиологический портрет иностранного студента, включающий характер адаптационных реакций, активность функциональных систем, степень дисбаланса и элементный статус.

Впервые продемонстрировано, что иностранные студенты из различных регионов мира, в первую очередь, Африки и Латинской Америки, в отличие от студентов из московского региона, характеризуются преобладанием неблагоприятных адаптационных реакций - реакции переактивации, острого и хронического стресса, а также выраженным дисбалансом функциональных систем.

Впервые отмечена достоверная связь между маркерами обеспеченности организма биоэлементами (магний, селен) и выраженностью стрессорных реакций, жесткости артериальной стенки, а также индекса отражения пульсовой волны, что свидетельствует об их значимой роли в регуляции активности сердечно-сосудистой системы.

Впервые показано, что культивация зерновых на селеноносных почвах сопровождается не только многократным увеличением уровня селена в пшенице, рисе и кукурузе, но и выраженными изменениями содержания других химических элементов и снижением токсичных металлов (ртуть, свинец).

Впервые продемонстрировано, что употребление хлеба из селенизированной пшеницы, риса и кукурузы сопровождается восстановлением баланса селена в организме, а также усилением экскреции токсичных металлов.

Научно-практическое значение работы. Выявленная взаимосвязь между нарушением обмена макро- и микроэлементов, обусловленная проживанием в разных климатогеографических условиях с активностью функциональных систем

и характером адаптационных реакций позволяет, разработать комплекс нутрициологических профилактических мероприятий.

Впервые выявлена взаимосвязь между содержанием эссенциальных и токсичных химических элементов в организме иностранных студентов и состоянием активности функциональных систем организма, в первую очередь сердечно-сосудистой. Установленные взаимосвязи позволяют предположить, что дефицит эссенциальных и избыток токсичных химических элементов способствуют нарушению активности сердечно-сосудистой системы и повышают восприимчивость организма к стрессорным факторам.

Практическая значимость работы заключается в обосновании необходимости коррекции обмена химических элементов у иностранных студентов в качестве средства повышения функциональных резервов организма. В частности, выявлены группы студентов, характеризующиеся наиболее выраженным напряжением функциональных систем, то есть, находящиеся в группе повышенного риска срыва адаптационных механизмов.

Установленные достоверные взаимосвязи между маркерами обмена химических элементов в организме и показателями напряженности функциональных систем, в первую очередь, сердечно-сосудистой, позволили выявить наиболее вероятные мишени для проведения мероприятий по нутрициологической коррекции функциональных резервов посредством нормализации обмена эссенциальных химических элементов. Так, продемонстрирована перспективность и эффективность коррекции обмена магния в снижении выраженности стрессорной реакции и сосудистых нарушений у студентов-иностранцев. Помимо этого, отмечается значимость снижения кумуляции токсичных металлов в организме для нормализации активности функциональных систем.

Установлено, что избыточное поступление селена из окружающей среды приводит к значительному изменению обмена химических элементов как в сельскохозяйственных растениях (пшеница, рис, кукуруза), так и в организме человека, потребляющего обогащенный селеном пшеничный хлеб. При этом

впервые получены доказательства селен-индуцированной активации обмена химических элементов в организме, в ходе которой наблюдается мобилизация последних из депо.

Таким образом, в диссертационном исследовании, с одной стороны, решаются фундаментальные задачи по изучению роли обмена химических элементов в организме человека в период адаптации к различным экологическим, географическим, и социальным условиям в ходе обучения в высшей школе, тогда как с другой, демонстрируется значимость и эффективность коррекции обмена химических элементов в организме иностранных студентов с целью решения практических задач по профилактике рисков развития заболеваний в процессе обучения.

Внедрение результатов. Результаты проведенных исследований используются в научной и учебной работе департамента экологии человека и биоэлементологии, кафедр медицинской элементологии и нормальной физиологии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», а также в лаборатории молекулярной диетологии Института персонализированной медицины ФГАОУ ВО Первого Московского медицинского университета им. И.М. Сеченова.

На основании проведенных исследований разработаны и внедрены в ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» комплексные профилактические мероприятия, направленные на повышение экологической адаптации иностранных студентов, прибывших на обучение в московский мегаполис из различных регионов мира.

Личный вклад автора. В диссертационной работе представлены результаты исследований, выполненные лично автором на базе подразделений Российского университета дружбы народов в период с 2013 по 2021 гг. Личный вклад автора в исследование состоял в определении цели и постановке задач исследования, непосредственном проведении исследования, включающего организацию исследования, сбор биоматериала, обработку полученных данных, их статистический анализ и интерпретацию, публикацию основных результатов исследования в российских и международных рецензируемых изданиях, а также их

представление и обсуждение на международных научно-практических конференциях.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы изложены в материалах, докладывались и обсуждались на следующих конференциях и симпозиумах: Международная научно-практическая конференция «Качество жизни, психология здоровья и образование: междисциплинарный подход» Москва, 24–25 апреля 2014 г.); Агаджаньяновские чтения. Всероссийская научно-практическая конференция (Москва, 28-29 января 2016 г.); Агаджаньяновские чтения. II Всероссийская научно-практическая конференции (Москва, 26-27 января 2018 г.); V Съезд Российского общества медицинской элементологии (РОСМЭМ) (Москва, 20-22 сентября 2018 г.); 7th International Symposium Federation of European on Trace Elements and Minerals (FESTEM) (Potsdam, Germany, april 02-05, 2019 г.); International Symposium on Microelement in medicine (Taipei, Taiwan, october 18-26, 2019); Агаджаньяновские чтения. III Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием (Москва, 16-18 апреля 2020 г.); XXI Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы экологии и природопользования» (Москва, 2020); Международный научный семинар «Человек будущего» (Доброград, 13-14 декабря 2020 г.); XXII Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы экологии и природопользования» (Москва, 22-24 апреля 2021 г.); V Международная научно-практическая конференция «Биоэлементы» (Оренбург, 12-13 мая 2021 г.).

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 34 печатные работы, в том числе 16 работ опубликовано в научных журналах, рекомендованных перечнем ВАК для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, из них 13 публикаций в изданиях, включенных в мировые базы данных научного цитирования Scopus и Web of Science, а также 18 работ опубликовано в других рецензируемых научных журналах и сборниках материалов всероссийских и международных научно-практических конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 323 страницах машинописного текста, включающих в себя такие разделы как, введение, обзор литературы, материалы и методы исследования, результаты собственных исследований, заключение, выводы, а также список литературы, содержащий 642 источника в т.ч. 214 работ отечественных и 428 работ зарубежных авторов. Диссертация иллюстрирована 41 таблицей и 39 рисунками.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. РОЛЬ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В РЕГУЛЯЦИИ АКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

На основании данных литературы проанализированы: вопросы влияния эссенциальных и токсичных элементов на активности функциональных систем организма, региональные особенности элементного статуса во взаимосвязи с интегральными показателями здоровья у иностранных студентов, возможности коррекции обмена химических элементов в организме с использованием продуктов питания из фортифицированных зерновых как источника биодоступных микроэлементов, адаптационные реакции и активность функциональных систем организма.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выбор методов и организация проведения исследования обуславливались целью и поставленными задачами (табл.1). Исследования проводились на базе Клинико-диагностического центра ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН) и Медицинского центра АНО «Центр биотической медицины», также являющегося клинической базой РУДН, в период с 2013 по 2021 гг. Исследование биологических образцов с различным уровнем селена проводилось совместно с Университетом Тапар (Thapar Institute of Engineering & Technology, Патиала, Пенджаб, Индия) в рамках совместного проекта, поддержанного

Российским фондом фундаментальных исследований (17-55-45027) и Департаментом науки и технологии Республики Индия (INT/RUS/RFBR/P-252).

Таблица 1 – Общая характеристика, объем и методы исследований

№ п/п	Направления исследований	Количество обследованных (чел.)	Методы исследований
1.	Определение содержания микро- и макроэлементов в волосах, моче и сыворотке крови	274	Метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС).
2.	Определение адаптационных реакций организма	1057	Клинический анализ крови по методу Гаркави с соавт. (1990)
3.	Диагностика функционального состояния организма	180	Метод электропунктурной диагностики по Y.Nakatani
4.	Оценка функциональных параметров сердечно-сосудистой системы	606	Фотоплетизмографический метод
5.	Определение дефицита магния	935	Анкетирование с помощью опросника, разработанного Российским спутниковым центром (РСЦ) Института микроэлементов ЮНЕСКО, г. Лион, Франция
6.	Определение влияния курсового приема магния на активность сердечно-сосудистой системы	33	Фотоплетизмографический метод. Метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС)
7.	Определение содержания селена и других элементов в биосубстратах и продуктах питания	202	Метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС)
	Всего	3287	

Все исследования проведены в полном соответствии с этическими стандартами, обозначенными в Хельсинкской декларации «Этические принципы проведения научных исследований с участием человека» (1965) и ее более поздними правками (Приказ Минздрава РФ № 266 от 2003 г.). Перед включением в группу обследуемых, всем участникам были озвучены цели и задачи

исследования, а также объяснены все планируемые к проведению процедуры с обязательным получением информированного согласия на участие в обследовании.

Анализ содержания химических элементов в биосубстратах. Анализ содержания макро- и микроэлементов в сыворотке, волосах и моче осуществлялся методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на приборе NexION 300D (PerkinElmer Inc., Shelton, CT, США). Масс-спектрометр был оснащен автоматическим многоканальным дозатором ESI SC-2 DX4 (Elemental Scientific Inc., Omaha, NE, США), функционируя при этом в режиме динамической ячейки (Dynamic Reaction Cell mode, DRC), позволяющим нивелировать большинство межатомных интерференций, существенно повышая чувствительность анализа. Рабочие калибровочные растворы готовились на основе коммерческого набора стандартов Universal Data Acquisition Standards Kit от производителя ИСП-МС системы (PerkinElmer Inc., Shelton, CT, США) посредством разведения дистиллированной деионизированной водой до достижения целевых концентраций химических элементов.

Анализ содержания селена в образцах хлеба роти из пшеницы, риса и кукурузы в зависимости от содержания селена в почвах. Образцы пшеницы (*Triticum aestivum* - PBW343), риса (*Oryza sativa* - PR122) и кукурузы (*Zea mays* - PMH7) были собраны в регионе с высоким уровнем селена в почве в районе поселений Наваншар-Хошиарпур штата Пенджаб, Индия (32.46° N, 74.32° E). Контрольные образцы были собраны на территориях с нормальным уровнем селена в районе Патиалы, Пенджаб, Индия. Помимо проведения анализа методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, образцы зерновых были использованы для изготовления хлеба роти. В частности, высушенные образцы зерновых (пшеница, рис, кукуруза) перемалывались на автоматической мельнице (Retsch Naan, Germany) с целью получения цельнозерновой муки и последующей выпечки хлеба роти.

Определение адаптационных реакций организма. Для оценки характера адаптационных реакций применен метод Гаркави с соавт. (1990), основанный на определении в периферической крови соотношения относительного содержания

лимфоцитов к сегментоядерным нейтрофилам (Гаркави и др., 1990, 1998). В ходе исследования проводился анализ не менее 300 клеток периферической крови.

Тип реакции определялся по процентному содержанию в формуле крови лимфоцитов, а также их соотношению со сегментоядерными нейтрофилами. Общее число лейкоцитов и остальные форменные элементы белой крови являлись дополнительными признаками реакций, показывающих их полноценность.

Оценка активности функциональных систем организма методом электропунктурной диагностики. Для оценки активности функциональных систем организма использовался метод электропунктурной диагностики по Yoshio Nakatani с применением аппаратно-программного комплекса (АПК) «Диакомс» (Комплекс разрешен к использованию Комитетом по новой технике Минздрава России (протокол №5 от 11 сентября 1992 г.), имеет Сертификат качества ПС, используемого в системе МЗ РФ № 86 от 30.06.93. Рекомендован к внедрению на всех уровнях системы здравоохранения и медицинской науки письмом МЗ РФ №5-16/10-16 от 23.03.93.

Оценка сердечно-сосудистой системы и индекса напряжения Баевского.

Оценка параметров функциональной активности сердечно-сосудистой системы студентов-первокурсников проводилась с применением диагностического комплекса АнгиоСкан-01 (АнгиоСкан Электроникс, Россия), регистрационное удостоверение: № ФСР 2011/12488 от 08.12.2011 года, декларация о соответствии: № РОСС RU. ИМ25.Д06096 от 29.12.2011 года. В ходе исследования определялись частота пульса (ЧП), индекс напряжения Баевского (ИН) (уровень стресса), насыщение крови кислородом (SpO_2), возрастной индекс (AGI), возраст сосудистой системы (VA), индекса жесткости (SI), центрального систолического давления в проксимальном отделе аорты (SPa), длительность систолы (ED), индекс аугментации (AIp, %), длительность пульсовой волны (RD), пик пульсовой волны (T1 и T2) и скорости изменения кровенаполнения капилляров пальца (TdVMax).

Статистический анализ. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью программного пакета Microsoft Excel (Microsoft Office 2020, Microsoft Corporation, USA) и Statistica 10.0 for Windows (Statsoft, Tulsa, USA).

Анализ распределения данных проводился с использованием критерия Шапиро-Уилка. Данные, характеризующиеся нормальным распределением, представлялись в виде средней арифметической величины и соответствующих значений стандартного отклонения ($\text{Mean} \pm \text{SD}$). Для представления значений, не характеризующихся Гауссовым распределением, в качестве описательных статистик использовались медианы и соответствующие границы межквартильного интервала (IQR). В качестве непараметрического критерия для сравнения групповых значений использовался U-критерий Манна-Уитни с поправкой на множественные сравнения. Оценка достоверности изменений показателей в ходе месячного приема магния осуществлялась с использованием критерия знаков (Sign test).

ГЛАВА 3. ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ МИРА

3.1 Сравнительный анализ элементного статуса иностранных студентов-первокурсников и студентов из Москвы

Полученные данные свидетельствуют о высокой вариабельности содержания эссенциальных элементов в волосах студентов из различных климатогеографических регионов мира (рис. 1). Уровень меди в волосах студентов из Москвы достоверно превышал таковой у обследуемых из Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока на 25% и 32%, соответственно. При этом содержание железа в волосах студентов-африканцев была достоверно выше такового у обследуемых из Юго-Восточной Азии и Среднего и Ближнего Востока на 63% и 158%, соответственно. Наименьший уровень йода в волосах был характерен для студентов, прибывших из стран Ближнего и Среднего Востока, будучи более чем в три раза ниже значений соответствующего показателя в других группах. В то же время содержание йода в волосах африканцев достоверно превышало таковое у первокурсников из Москвы и стран Юго-Восточной Азии на 62% и 51%, соответственно. Уровень селена в волосах студентов из Юго-Восточной Азии

превышал таковой у обследуемых из Москвы, Ближнего и Среднего Востока, а также Африки на 15%, 13% и 23%, соответственно.

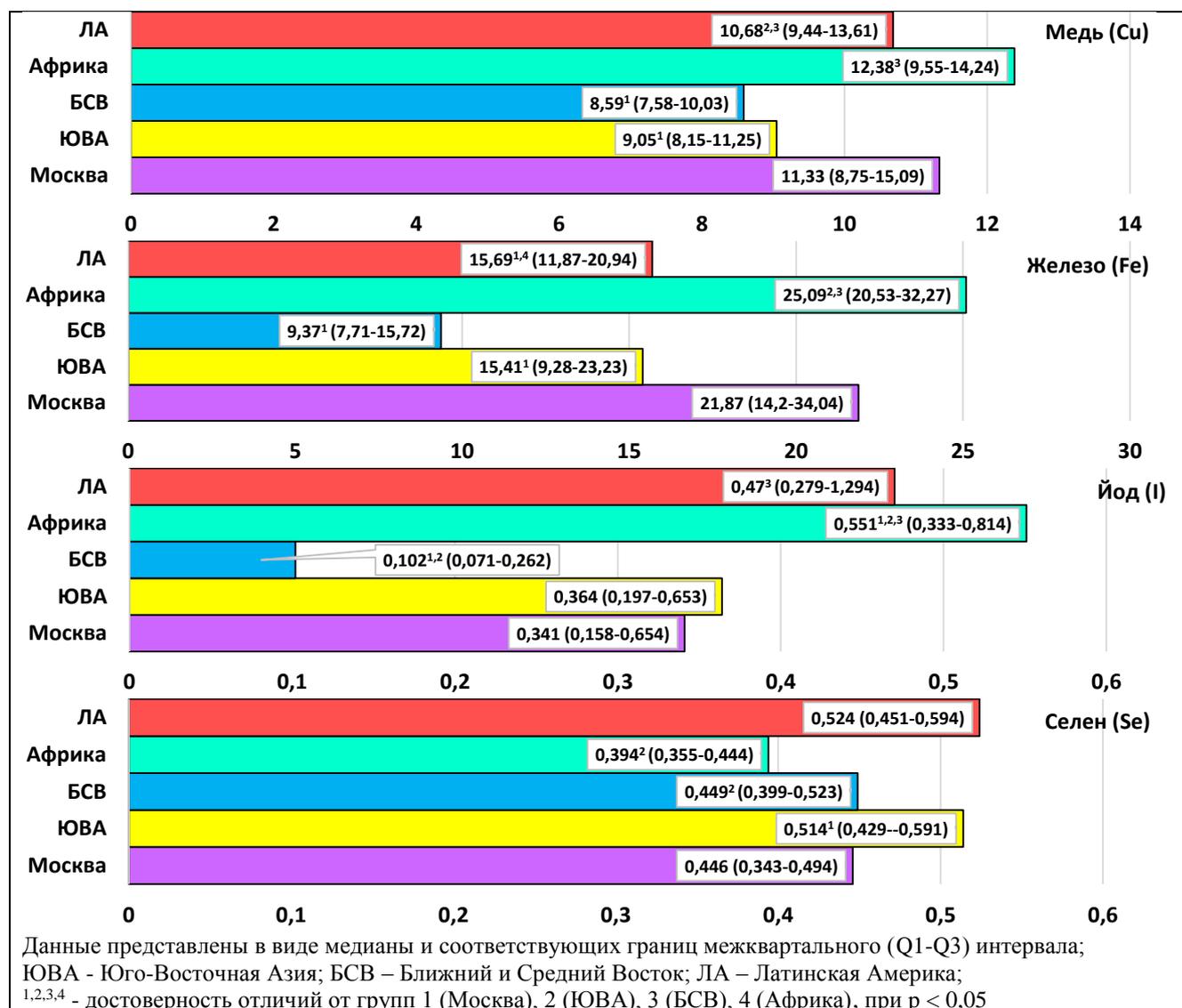


Рисунок 1 – Содержание меди, железа, йода и селена в волосах первокурсников-иностранцев и студентов из московского региона (мкг/г)

Содержание цинка в волосах, обследуемых из Африки, было достоверно ниже соответствующих значений у первокурсников из Москвы, Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока, а также Латинской Америки на 30%, 30%, 26% и 16%, соответственно (рис. 2). Уровень кобальта являлся максимальным у студентов-первокурсников из Москвы и стран Африки. В частности, содержание кобальта в волосах обследуемых студентов из стран Юго-Восточной Азии, Среднего и Ближнего Востока, а также Латинской Америки были на 53%, 79% и

42% ниже соответствующих показателей у российских студентов. В то же время содержание кобальта в волосах студентов из стран Африки превышало таковое у обследуемых из стран Юго-Восточной Азии более чем в четыре раза.

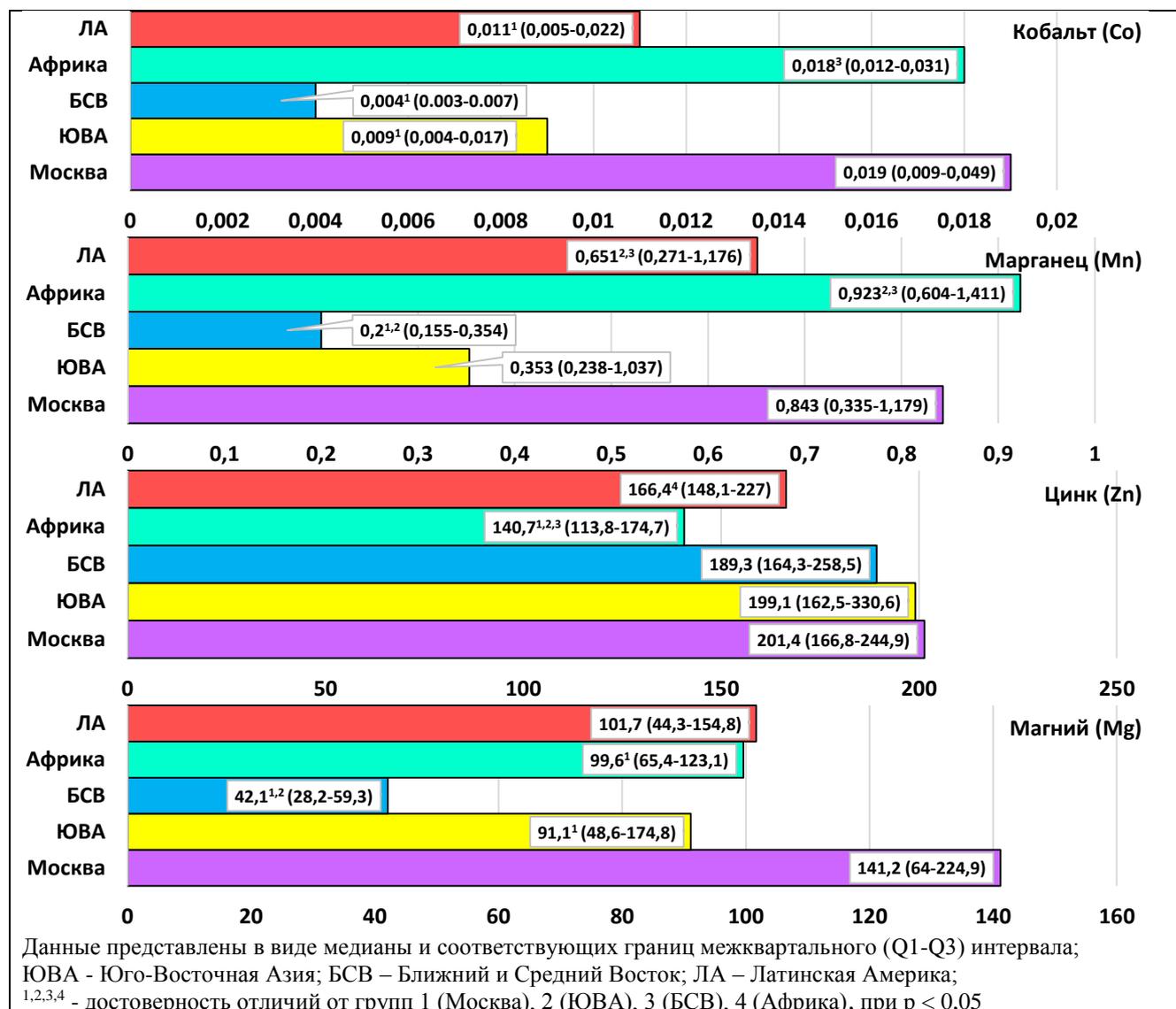


Рисунок 2 – Содержание кобальта, марганца, цинка и магния в волосах первокурсников-иностранцев и студентов из московского региона (мкг/г)

Интересно, что характер различий в содержании марганца в волосах был сходен с таковым в случае кобальта. Так, наименьшие значения содержания марганца в волосах отмечались у первокурсников, прибывших из стран Ближнего и Среднего Востока, будучи практически вдвое ниже соответствующих показателей в группах студентов из Москвы, Юго-Восточной Азии, Африки и Латинской Америки на 76%, 44%, 78% и 69%, соответственно. При этом

содержание марганца у студентов из Африки и Латинской Америки также превышало соответствующие показатели в группах обследуемых студентов из Юго-Восточной Азии на 161% и 84%, соответственно. Достоверных отличий в содержании марганца в волосах студентов из Москвы, Африки и Латинской Америки выявлено не было. Значительные различия были выявлены в содержании магния в волосах первокурсников из различных регионов мира. В частности, наименьшие значения содержания магния в волосах были характерны для студентов из стран Ближнего и Среднего Востока, будучи более чем втрое ниже соответствующих контрольных показателей (студенты из Москвы). В то же время уровень магния в волосах, обследуемых из стран Юго-Восточной Азии и Африки были ниже контрольных значений (студенты из Москвы) на 35% и 29% соответственно. Концентрация эссенциальных металлов в моче также была ассоциирована с регионом проживания. В частности, студенты из Ближнего Среднего Востока и Африки характеризовались максимальной концентрацией меди в моче, превышая соответствующие контрольные показатели (студенты из Москвы) на 40% и 41%, соответственно. Интенсивность экскреции меди с мочой у студентов из Латинской Америки практически вдвое превышала соответствующие значения у обследуемых из Москвы, Юго-Восточной Азии и Среднего и Ближнего Востока. В свою очередь, концентрация селена у лиц, прибывших для обучения из стран Латинской Америки, превышала контрольные показатели (студенты из Москвы) на 34%.

Концентрация кобальта в моче обследуемых студентов-первокурсников из стран Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока, а также Латинской Америки была на 40%, 34%, а также 26% ниже таковой у обследуемых из Москвы. Концентрация кобальта в моче студентов из стран Африки превышала соответствующие показатели у обследуемых из Юго-Восточной Азии и Латинской Америки на 60% и 31%, соответственно. Причем, как и в случае уровня кобальта в волосах, концентрация металла в моче студентов из Африки и Москвы не характеризовалась сколько-нибудь значимыми отличиями.

Уровень марганца в моче студентов из Африки достоверно превышал таковой у обследуемых из Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока, а также Латинской Америки на 43%, 29%, а также 25%, соответственно, хотя и достоверно не отличался от контрольных показателей.

Стоит отметить, что интенсивность экскреции магния, цинка, железа с мочой имела тенденцию к увеличению относительно контрольных значений у всех групп иностранцев. Мы предполагаем, что усиленная экскреция указанных химических элементов, в первую очередь магния и цинка, обусловлена воздействием стрессорных факторов, то есть дезадаптацией.

Таким образом, результаты исследования продемонстрировали достоверно меньший по сравнению со студентами из Москвы уровень железа, кобальта, меди и марганца в организме студентов из Юго-Восточной Азии, Среднего и Ближнего Востока, а также Латинской Америки, тогда как студенты-африканцы характеризуются лишь достоверно меньшим уровнем цинка в волосах. Также стоит отметить, что все обследуемые студенты-иностранцы были склонны к интенсивной экскреции цинка, магния с мочой. Предположительно, данные различия могут являться следствием предсуществующих особенностей питания и влияния окружающей среды в местах прежнего проживания, а также стрессорных факторов.

Наряду с уровнем эссенциальных элементов в волосах и моче студентов-первокурсников также были установлены паттерны кумуляции токсичных металлов. Полученные данные свидетельствуют о том, что экологическая ситуация в регионе проживания студентов до их прибытия в Москву оказывает значительное влияние на уровень токсичных металлов в волосах. В частности, содержание мышьяка в волосах студентов из Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока, Африки, а также Латинской Америки превышает таковое у студентов из Москвы в 2,5; 2,0; 2,7, а также 2,6 раз, соответственно (рис.3). Уровень кадмия в волосах студентов из Азии и стран Ближнего и Среднего Востока отличался более чем двукратным снижением относительно соответствующих значений у первокурсников из Москвы. В то же время, содержание кадмия в волосах студентов из стран Африки и Латинской Америки в 2,0 и 1,8 раза превышало аналогичные

показатели студентов из Москвы. Более того, данные значения характеризовались более чем четырехкратным превышением уровня кадмия в волосах студентов из стран Азии и Востока.

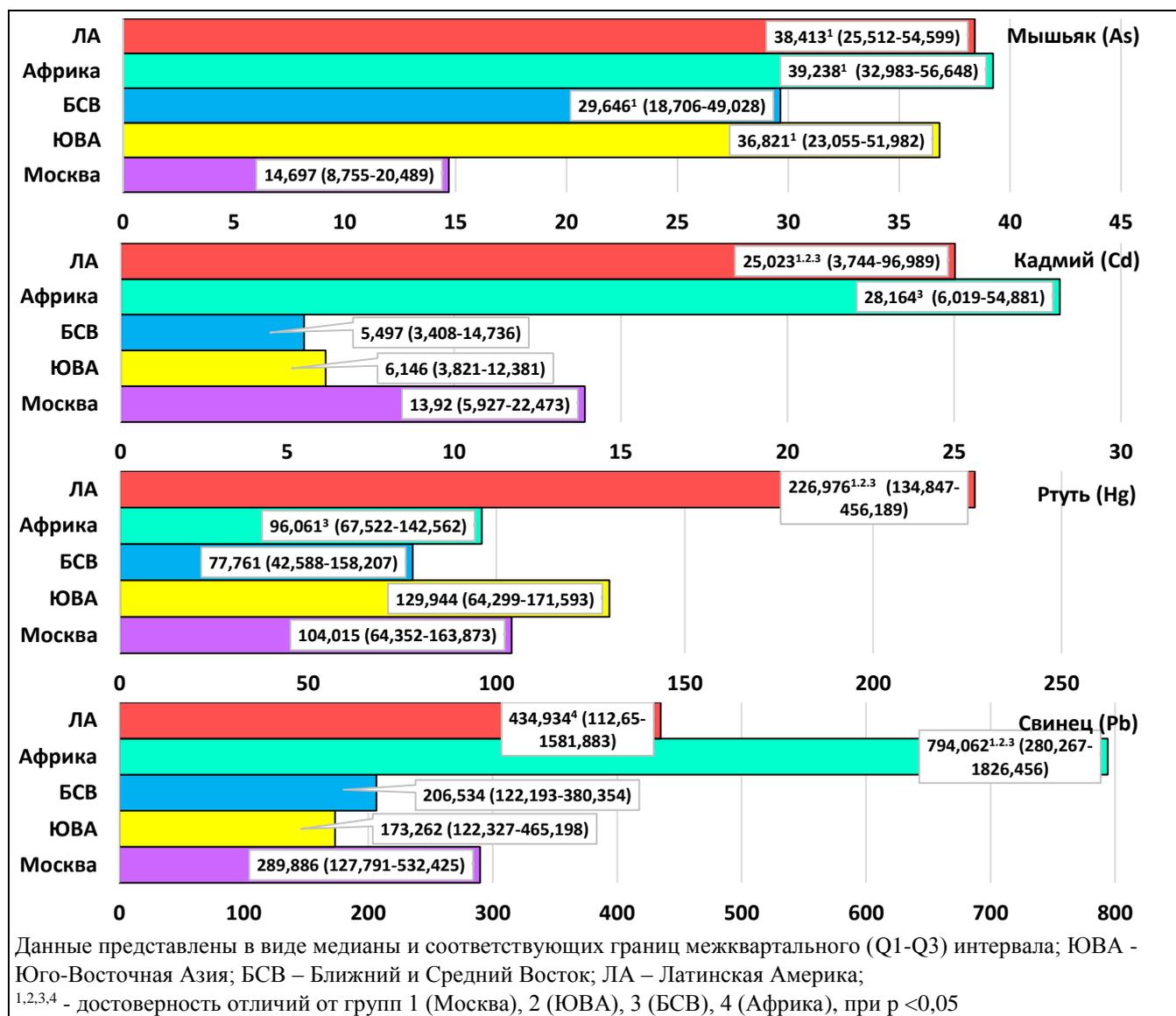


Рисунок 3 – Содержание токсичных микроэлементов в волосах первокурсников-иностранцев и студентов из московского региона (мкг/г)

Содержание ртути в волосах студентов из Москвы достоверно не отличалось от такового у обследуемых, прибывших из стран Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока, а также Африки. В то же время уровень данного металла у студентов из Латинской Америки характеризовался более чем 2,5-кратным превышением соответствующего показателя у студентов из других регионов.

Максимальное содержание свинца в волосах отмечалось у студентов-африканцев, превышая соответствующие показатели у обследуемых из Москвы,

Ближнего и Среднего Востока, а также Латинской Америки более чем в 2,7; 4,6; 3,8 и 1,8 раза, соответственно.

Результаты проведенного ИСП-МС анализа продемонстрировали, что уровень токсичных металлов в моче являлся менее вариабельным (рис. 4).

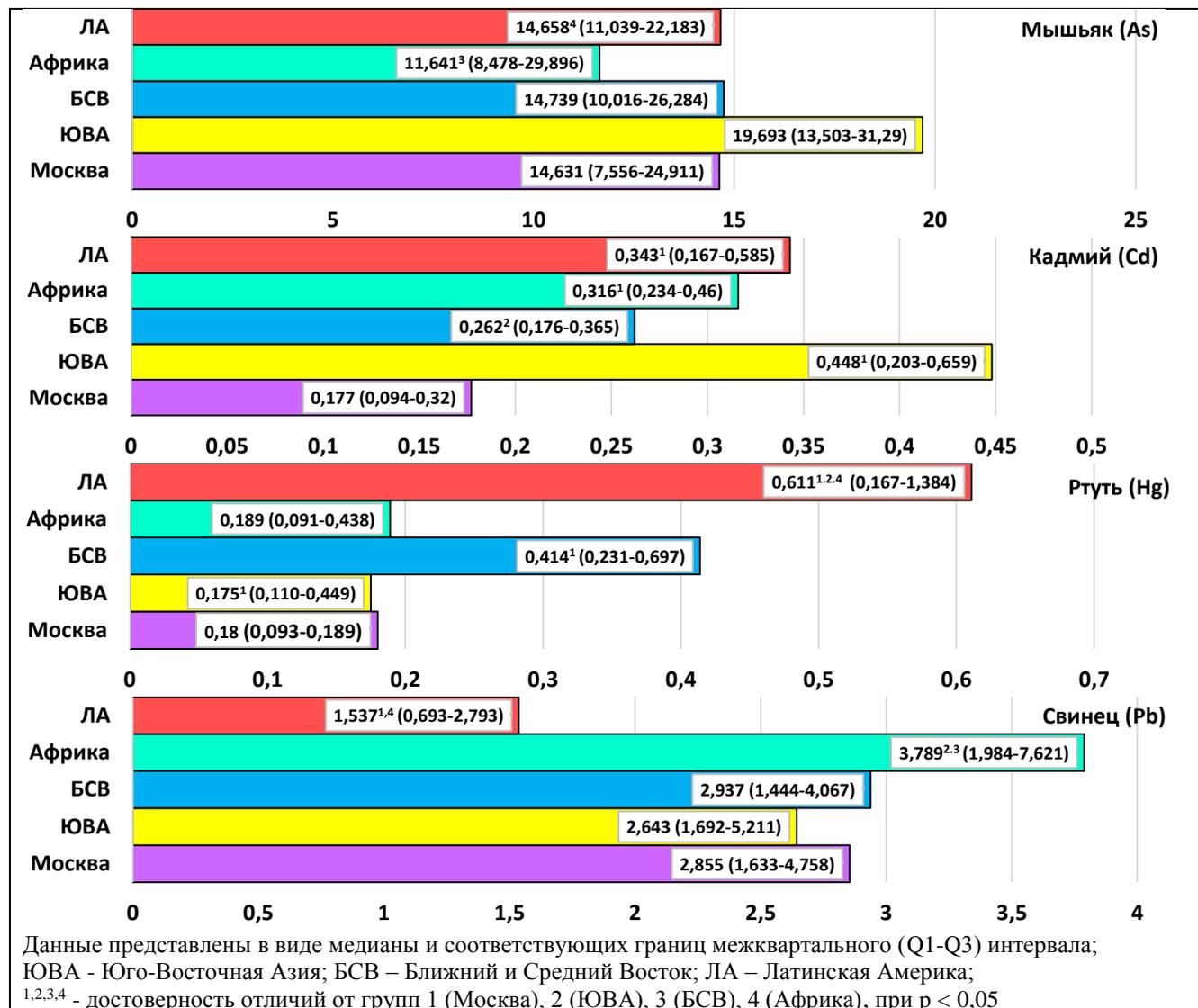


Рисунок 4 – Содержание токсичных микроэлементов в утренней порции мочи первокурсников-иностранцев и студентов из московского региона (мкг/мл)

Так, концентрация мышьяка в моче студентов из стран Юго-Восточной Азии превышала соответствующие показатели у обследуемых из Москвы на 35%, однако данные различия не являлись достоверными вследствие высокой вариабельности данных. При этом содержание мышьяка в моче студентов из стран Юго-Восточной Азии и Латинской Америки превышало соответствующие показатели у первокурсников, прибывших из стран Африки, на 27% и 26%.

В соответствии с результатами анализа волос, наибольшая концентрация ртути в моче отмечалась у студентов из Латинской Америки, превышая соответствующие показатели у обследуемых из Москвы, стран Юго-Восточной Азии и Африки более чем в 3,4 раза. В то же время, в отличие от волос, экскреция ртути с мочой у студентов из стран Ближнего и Дальнего Востока более чем в два раза превышала аналогичный показатель у обследуемых из Москвы, Юго-Восточной Азии и Африки.

Наименьшая интенсивность экскреции свинца с мочой выявлена у студентов из Латинской Америки, будучи на 46%, 42%, 48% и 60% ниже соответствующих значений у первокурсников из Москвы, Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока и Африки.

Результаты анализа кумуляции токсичных элементов в организме студентов-первокурсников РУДН свидетельствуют о достоверном увеличении уровня у них токсичных металлов. В частности, для студентов из стран Латинской Америки и Африки в большей степени характерны признаки избытка ртути и свинца.

Таким образом, результаты анализа элементного статуса студентов-первокурсников выявили значительные особенности обмена как эссенциальных, так и токсичных химических элементов. В частности, наиболее выраженные дефициты отмечались в случае железа, йода, селена, цинка и магния, что создает предпосылки для проведения мероприятий по коррекции обеспеченности организма студентов данными элементами. Интересно также отметить, что студенты-иностранцы, особенно прибывшие из стран Африки и Латинской Америки, характеризовались избытком токсичных металлов. Данное обстоятельство также может учитываться при разработке стратегий по коррекции элементного статуса. В условиях необоснованности проведения таргетного снижения уровня токсичных металлов в организме посредством хелатирования, вероятным способом является коррекция обеспеченности организма эссенциальными элементами, в первую очередь, цинком и селеном, являющимися антагонистами токсичных металлов (Rahman et al., 2019).

Тем не менее, для выявления приоритетных мишеней физиологически-обоснованной коррекции элементного статуса обследуемых необходим анализ взаимосвязи характеристик обмена эссенциальных и токсичных элементов с функциональными показателями.

3.2 Оценка риска алиментарного дефицита магния у российских и иностранных студентов

Результаты проведенного с использованием опросника анкетирования, разработанного специалистами Российского сателлитного центра Института микроэлементов ЮНЕСКО, позволили оценить риск алиментарного дефицита магния, причем максимальный балл свидетельствовал о выраженном дефиците магния. В частности, установлено, что максимальная оценка ($18,5 \pm 7,3$ баллов) отмечалась у студентов-иностранцев, прибывших из стран Африки. Данные значения достоверно превышали соответствующие показатели у студентов из Москвы ($14,4 \pm 6,5$ баллов) на 28%. Более того, риск алиментарного дефицита магния у студентов-африканцев также достоверно превышал суммарную оценку по опроснику у студентов из стран Центральной Азии (СНГ) ($16,1 \pm 5$ баллов) на 15%.

Несмотря на то, что риск алиментарного дефицита магния у студентов из других регионов был несколько ниже такового у первокурсников-африканцев, результаты группового сравнения свидетельствуют о значимости данного нарушения. В частности, суммарная оценка по опроснику у студентов из СНГ, Юго-Восточной Азии ($17,1 \pm 6,8$ баллов) и Ближнего и Среднего Востока ($17,3 \pm 7,2$ баллов) превышала показатели в контрольной группе на 12%, 19% и 20%, соответственно. В то же время восьмипроцентное превышение суммарной оценки в группе студентов из Латинской Америки ($15,9 \pm 6,2$ баллов) по сравнению с первокурсниками из РФ (Москва) лишь приближалось к достоверному.

Полученные данные свидетельствуют о наибольшем риске нарушений обмена магния и ассоциированных нарушений, в том числе сердечно-сосудистых и психоневрологических, у студентов из стран Африки.

3.3 Влияние курсового приема магния на активность сердечно-сосудистой системы у студентов из стран Африки

Учитывая ранее выявленные нарушения обмена магния у студентов-иностранцев, а также тесную связь между индикаторами обеспеченности организма магнием с показателями активности сердечно-сосудистой системы, высказано предположение, что коррекция обмена магния может способствовать оптимизации функциональной активности систем организма студентов. В этой связи, проведено исследование по оценке эффективности влияния курсового приема магния (150 мг магния ежедневно в течение 30 сут.) на сердечно-сосудистую активность у студентов-первокурсников из стран Африки.

В ходе проведения исследования установлено, что прием магния в суточной дозировке 150 мг приводил к достоверному повышению уровня магния в сыворотке крови на 3% относительно исходных значений. Несмотря на наличие значимых изменений в циркулирующем уровне магния, прием магния студентами-иностранцами в течение месяца не приводил к статистически значимым изменениям концентрации данного элемента в моче, хотя и обращала на себя внимание тенденция к снижению экскреции магния.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о достоверном влиянии месячного курса приема магния на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы и индекс напряжения Баевского у студентов-африканцев, поступивших на первый курс Российского университета дружбы народов. Так, выявлено достоверное 26-процентное снижение индекса напряжения Баевского через месяц после приема магния, свидетельствующее о снижении напряженности функциональных систем организма.

ГЛАВА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АДАПТАЦИОННЫХ РЕАКЦИЙ ОРГАНИЗМА И ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СТУДЕНТОВ ПЕРВОКУРСНИКОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНОВ МИРА

4.1 Сравнительный анализ адаптационных реакций организма иностранных и российских студентов

Проведенный анализ характера адаптационных реакций студентов первого курса из различных регионов мира показал, что иностранные студенты характеризовались существенно более низкими показателями частоты регистрации РТ (табл. 2). Так, у студентов из Ближнего и Среднего Востока частота реакции тренировки была на 28% ниже соответствующих показателей у обучающихся из Москвы. Наиболее низкой частота РТ определялась у первокурсников из Юго-Восточной Азии и Африки, и была соответственно практически в 2 и 4 раза реже чем в группе сравнения (Москва). Студенты-первокурсники из стран Африки также характеризовались более низкими показателями частоты проявления РТ в 3,0, 1,8, 2,7 и 3,0 раза относительно соответствующих показателей у первокурсников из Центральной Азии (ЦА(СНГ)), Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока, а также Латинской Америки.

Таблица 2 – Адаптационные реакции у иностранных и российских студентов первого курса (%)

Регион	РТ	РСА	РПА	РП	ОС	ХС
Москва	27,0 ± 3,7	32,6 ± 3,9	35,5 ± 4,0	2,1 ± 1,4	0,0 ± 0,7	2,8 ± 1,4
РФ	27,8 ± 3,7	30,5 ± 3,8	35,4 ± 4,0	4,2 ± 1,7	0,0 ± 0,7	2,1 ± 1,2
ЦА(СНГ)	22,4 ± 2,9	24,9 ± 3,0	32,3 ± 3,3	15,4 ± 2,2*	4,5 ± 1,5 *	0,5 ± 0,5 *
ЮВА	13,5 ± 2,6 *	24,1 ± 3,0	38,2 ± 3,7	17,7 ± 2,9*	5,9 ± 1,8 *	0,6 ± 1,0 *
БСВ	20,0 ± 3,4	22,8 ± 3,5*	30,0 ± 3,9	7,8 ± 3,2 *	5,7 ± 2,0 *	3,7 ± 1,6
ЛА	22,7 ± 4,0	18,2 ± 4,2 *	27,3 ± 3,7	27,3 ± 3,7*	2,7 ± 1,5 *	1,8 ± 1,7
Африка	7,5 ± 2,3 *	8,8 ± 2,3 *	28,6 ± 3,7	52,4 ± 4,1 *	2,7 ± 1,3 *	0,0 ± 1,7 *

РТ – реакция тренировки; РСА - реакция спокойной активации; РПА - реакция повышенной активации; РП – реакция переактивации; ОС – острый стресс; ХС – хронический стресс
ЮВА - Юго-Восточная Азия; БСВ – Ближний и Средний Восток; ЛА – Латинская Америка
* - достоверность отличий от показателей, характерных для студентов из Москвы, при $p < 0,05$

При увеличении восприятия силы воздействия факторов среды, в организме развивается реакция спокойной активации (РСА). Наибольшая частота реакции спокойной активации (РСА) отмечалась у студентов из Москвы и других регионов РФ, сколько-нибудь значимо не отличаясь друг от друга. При этом значения данного показателя у первокурсников из ЦА(СНГ), Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока и Латинской Америки были ниже показателей студентов из Москвы на 18%, 21%, 25% и 40%, соответственно. Как и в оценке реакции тренировки, наименьшая частота регистрации РСА была выявлена в

группе студентов из Африки, будучи при этом ниже соответствующих показателей у первокурсников из Москвы, РФ, ЦА(СНГ), Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока, а также Латинской Америки в 3,7; 3,5; 2,3; 2,7; 2,6 и 2,1 раз. Именно студенты с Африканского континента имели самые выраженные отклонения в активности функциональных систем организма, включая сердечно-сосудистую систему.

Из всех адаптационных реакций, реакция повышенной активации (РПА) характеризуется самым высоким энергетическим и пластическим метаболизмом. Студенты, у которых регистрировалась РПА, отличались высокой активностью и работоспособностью. Отмечали отличный аппетит и крепкий, непрерывный сон. Самая высокая сопротивляемость организма к различным экстремальным факторам среды обитания. Частота выявления реакции повышенной активации (РПА) в группах студентов, характеризовалась меньшей вариабельностью. В частности, достоверных различий в значении данного параметра у первокурсников из Москвы, РФ, ЦА(СНГ), Юго-Восточной Азии и Ближнего и Среднего Востока выявлено не было. Отмечалось снижение частоты РПА у студентов из Латинской Америки и Африки относительно показателей группы сравнения (студенты из Москвы) на 24% и 20%, соответственно. Более выраженные различия были характерны для адаптационных реакций, характеризующихся как неблагоприятные: это реакции переактивации (РП), острый (ОС) и хронический стресс (ХС). Следующая за РПА реакция переактивации (РП), сопровождается выраженным возбуждением. При РП отмечается высокая синхронизация в активности функциональных систем, включая сердечно-сосудистую систему. При анализе ангиосканирования случаи высокой синхронизации частоты сердечных сокращений, регистрируются как увеличение стресс-индекса Баевского. Таким образом реакцию переактивации по Гаркави Л.Х. можно приравнять к стрессу по Баевскому Р.М.

Установлено, что частота РП у студентов из Латинской Америки и Африки превышала таковую среди первокурсников из Москвы более чем в 13 и 24 раза, соответственно. Помимо этого, частота РП у обследуемых из Африки достоверно

многократно превышала соответствующие значения у всех других групп студентов-иностранцев. Ожидаемо, что случаи наличия острого стресса (ОС) у обследуемых из Москвы и других регионов РФ отсутствовали. Небольшое число студентов, у которых зафиксирован острый стресс (ОС), были из стран ЦА(СНГ), Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока. Частота хронического стресса у обучающихся из Москвы и РФ была одной из наибольших, уступая лишь лицам, прибывшим с Ближнего и Среднего Востока.

После проведения градации выявленных реакций по их характеру на благоприятные и неблагоприятные, установлено, что у студентов из Москвы и других регионов России отмечалась сходная картина преобладания благоприятных реакций, тогда как неблагоприятные реакции составляли лишь 5-6%. Самое большое число студентов с неблагоприятными адаптационными реакциями было из стран Латинской Америки (практически каждый третий) и Африки – каждый второй (рис. 5).

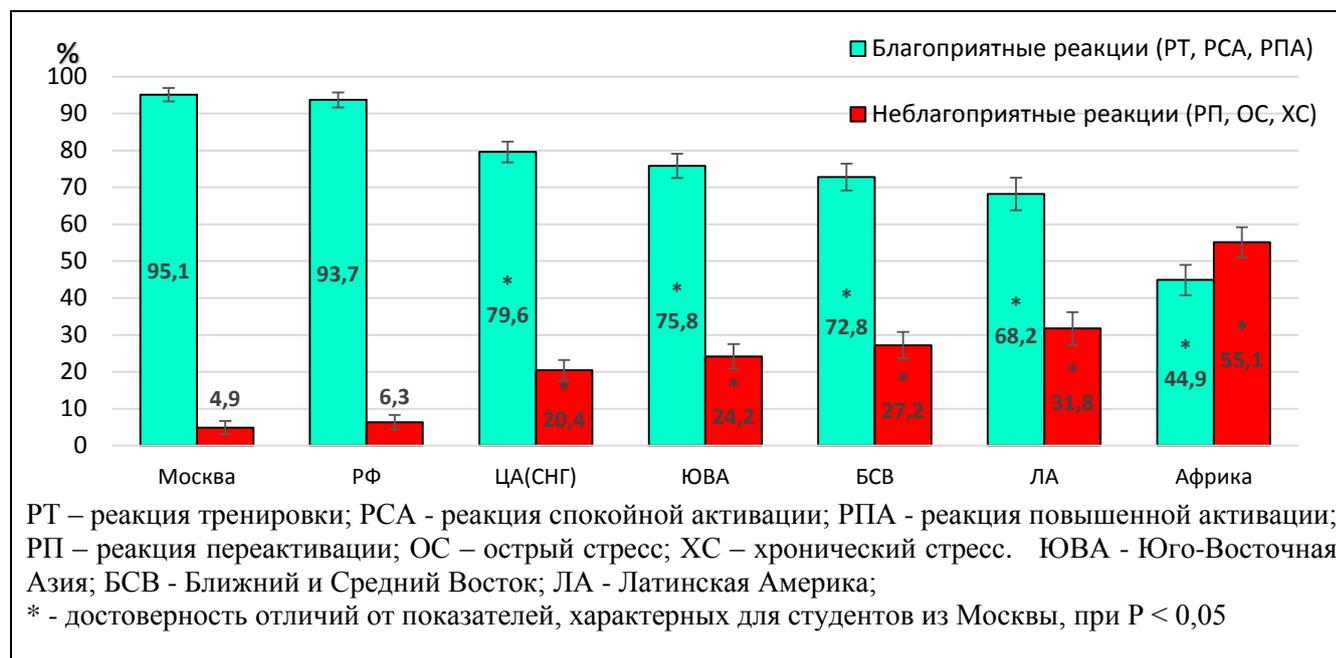


Рисунок 5 – Частота благоприятных и неблагоприятных адаптационных реакций у студентов из ближнего и дальнего зарубежья и Российской Федерации (в %)

Таким образом, полученные данные свидетельствуют не только о значимых отклонениях функционирования сердечно-сосудистой системы, но и достоверно

высоких значениях неблагоприятных адаптационных реакций у первокурсников-иностранцев. При встрече с новыми, неизвестными ранее факторами среды, организм включает большинство функциональных систем для адаптации, расходуя при этом большое количество энергии. У ряда студентов, с исходно сниженным адаптационным потенциалом, может происходить срыв процесса адаптации, с развитием стресса, определяемого по Баевскому Р.М. (1979) или реакции переактивации по Гаркави Л.Х. с соавт. (1990, 1998).

Учитывая наличие указаний о высокой биологической роли эссенциальных химических элементов в поддержании практически всех функций организма, высказано предположение, что между нарушением активности сердечно-сосудистой системы, формированием стресс-реакции и нарушением элементного статуса студентов-первокурсников может существовать тесная взаимосвязь.

4.2. Параметры активности сердечно-сосудистой системы у студентов-первокурсников

Число иностранных студентов во всех подгруппах с Индексом напряжения (ИН) меньше нормы, значимо отличалось от подгруппы сравнения РФ (Москва) (рис. 6).

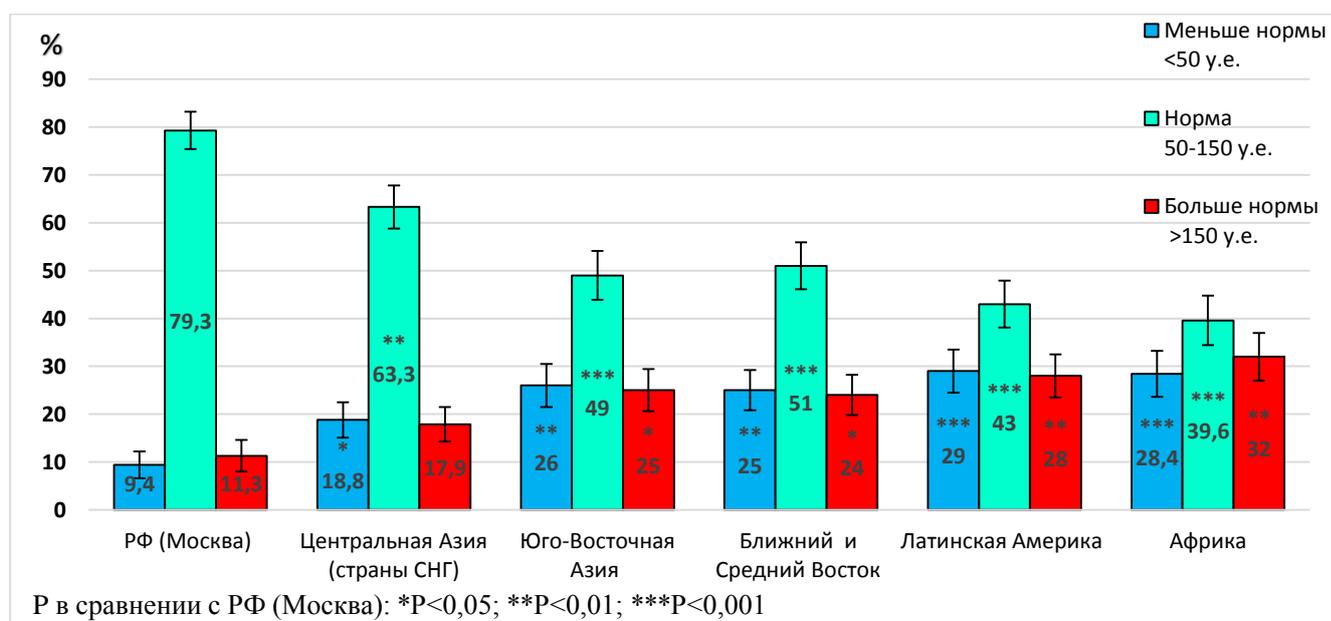


Рисунок 6 – Распределение студентов РФ (Москва) и иностранных студентов по степени выраженности Индекса напряжения Баевского (в %)

Во всех подгруппах иностранных студентов с ИН больше нормы, кроме стран ЦА(СНГ), их количество достоверно отличалось от числа студентов из группы сравнения (Москва). Самое большое число ИН было у студентов из Африки и стран Латинской Америки – в 2,8 и 2,5 раза больше чем у студентов из Москвы, соответственно.

Таким образом, проведенное исследование свидетельствует об имеющих место у студентов-иностранцев, в отличие от москвичей, функциональных нарушениях параметров, характеризующих активность сердечно-сосудистой системы и степень проявления стрессорных реакций. Самые отчетливые неблагоприятные реакции со стороны сердечно-сосудистой системы и степень выраженности проявлений стресса, отмечались у студентов из стран Латинской Америки и Африки.

Полученные результаты еще раз подтверждают целесообразность применения экспресс-методов, позволяющих в короткие сроки обследовать большие группы студентов. Выявление скрытых нарушений на ранних этапах адаптации к необычным условиям среды обитания позволит своевременно проводить профилактические мероприятия, направленные на повышение адаптационного потенциала.

ГЛАВА 5. АКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ В ИЗМЕНЕННЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ ПРЕБЫВАНИЯ

5.1 Сравнительная оценка суммарной активности и степени дисбаланса функциональных систем у первокурсников-иностранцев в сравнении со студентами из Москвы

Показатели дисбаланса функциональных систем у студентов в целом согласуются с результатами анализа функциональных систем организма по значению токов (табл. 3). Так, установлено, что частота дисбаланса функциональных систем у студентов из стран Центральной Азии (СНГ) достоверно превышает таковую у студентов из Москвы больше чем в 2 раза.

Таблица 3 – Показатели дисбаланса функциональных систем у иностранных студентов в сравнении со студентами из РФ (Москва)

Регион	Среднее значение дисбаланса, %	Доверительный интервал, %	t / F(t)
РФ (Москва) - группа сравнения	11,4 ± 0,7	10,0 – 12,8	-
Центральная Азия (СНГ)	22,5 ± 1,0	20,4 – 24,6	9,09/<0,999
Юго-Восточная Азия	26,8 ± 1,6	23,5 – 30,1	8,80/<0,999
Ближний и Средний Восток	28,9 ± 2,3	24,2 – 33,6	7,29/<0,999
Латинская Америка	29,8 ± 1,9	25,8 – 33,8	9,11/<0,999
Африка	34,2 ± 2,27	28,7 – 39,7	8,17/<0,999
Данные представлены в виде $M \pm m$; <i>Примечание.</i> t / F(t) - указаны в сравнении с соответствующими показателями у студентов из Москвы.			

Еще более выраженные различия были характерны для студентов из других регионов. В частности, среднее значение дисбаланса у студентов из Юго-Восточной Азии, Ближнего и Среднего Востока, а также Латинской Америки превышало контрольные значения в 2,4; 2,5 и 2,6 раза, соответственно. Как и в случае с показателями активности, студенты из Африки характеризовались наиболее выраженными отличиями по степени дисбаланса функциональных систем, достоверно превышающими фоновые показатели в 3 раза. Более того, величина данного показателя у студентов из Африки превышала таковые у студентов из Центральной Азии(СНГ) на 52%.

5.2 Оценка степени активности функциональных систем у первокурсников-иностранцев в сравнении со студентами из Москвы

Как видно из полученных результатов (рис. 7), количество иностранных студентов из всех регионов мира, имеющих гипо- или гиперфункциональную активность организма, с высокой степенью достоверности ($P < 0,001$), отличается от студентов из РФ (Москва). Практически число иностранных студентов, имеющих либо гипофункцию или гиперфункцию превышало в 1,9 – 2,5 раза количество студентов из РФ (Москва). Обращает на себя внимание, что треть иностранных студентов находились или в состоянии, гипо-, или гиперфункциональной

активности, в то время, как среди москвичей подобное состояние отмечалось только у каждого 6-го студента.

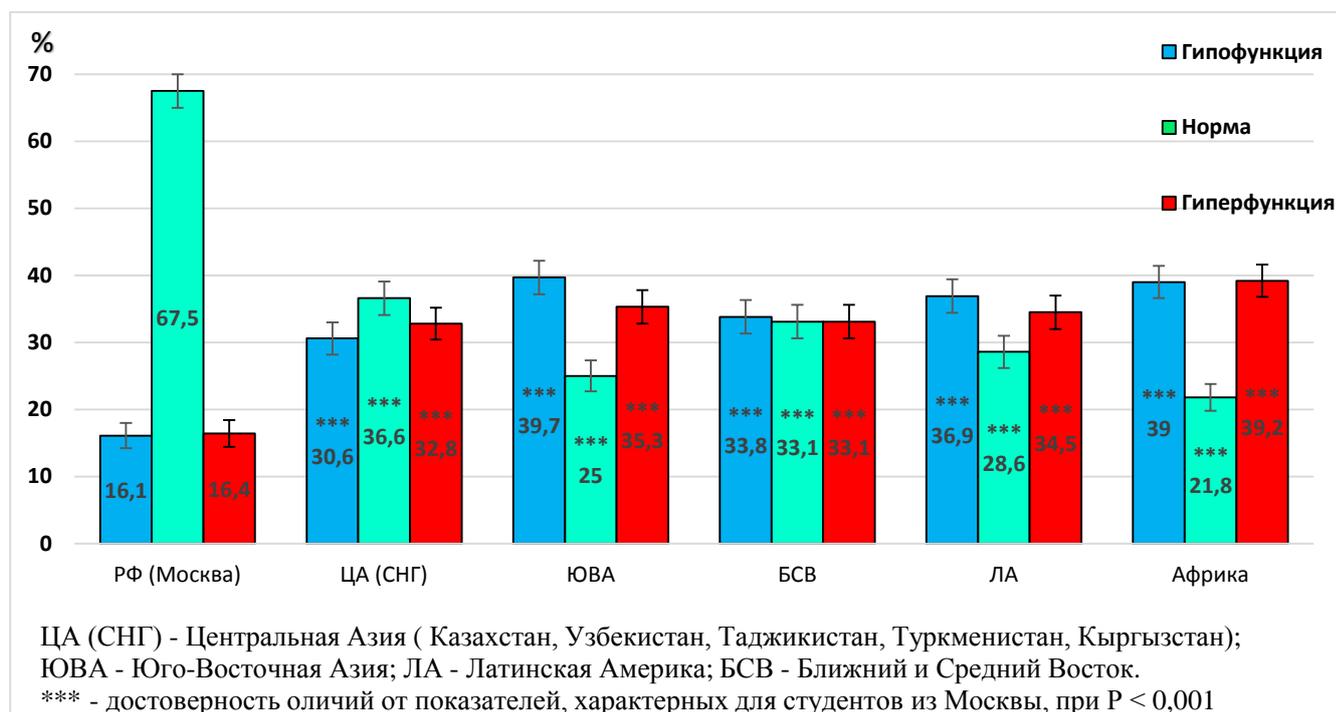


Рисунок 7 – Сравнительная характеристика распределения студентов из различных регионов мира по степени суммарной активности всех исследуемых функциональных систем организма (в %)

Таким образом, проанализировав все группы иностранных студентов из различных стран, с иными эколого-климатическими и социальными условиями среды прежнего обитания, чем условия московского мегаполиса, необходимо отметить, что чем более проявлены эти отличия, тем большее число функциональных систем, включается в адаптационный процесс.

ГЛАВА 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОСТУПЛЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМ С ПИЩЕВЫМИ ПРОДУКТАМИ

6.1 Анализ содержания селена в образцах хлеба роти из пшеницы, риса и кукурузы в зависимости от содержания селена в почвах

Результаты анализа зерновых показали, что произрастание на селеноносных почвах Пенджаба (Индия) приводит к гиперкумуляции селена. В частности, содержание селена в образцах пшеницы, риса и кукурузы, собранных на

территориях с высоким уровнем селена в почвах, превышали соответствующие показатели контрольных образцов в 590; 85 и 64 раза, соответственно (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание селена в образцах пшеницы, риса и кукурузы, выращенных на почвах с различным уровнем селена, а также хлебе роти, изготовленного из указанных зерновых (мкг/г)

Культура	Крупа		Хлеб	
	Контроль	Se+	Контроль	Se+
Пшеница	0,180 (0,170 - 0,200)	106,5 * (104,0 - 109,5)	0,532 (0,446 – 0,565)	95,3 † (94,6 – 100,8)
Рис	0,250 (0,235 - 0,260)	21,41 * (21,25 - 21,57)	0,151 (0,136 – 0,166)	23,7 † (21,3 – 26,1)
Кукуруза	0,380 (0,380 - 0,395)	24,43 * (23,89 - 24,97)	0,052 (0,047 – 0,058)	31,2 † (29,4 – 31,8)

Данные представлены в виде медианы и соответствующих границ межквартильного интервала (IQR); * и † - достоверность отличий по сравнению с контрольными образцами крупы и хлеба, соответственно, при $p < 0,05$

Также стоит отметить, что культурные растения характеризовались различной способностью кумулировать селен. Так, среди зерновых, произрастающих на почвах с нормальным уровнем селена, его содержание убывало в ряду кукуруза > рис > пшеница.

При этом содержание селена в образцах кукурузы превышало таковое в пшенице в 2 раза. Напротив, при анализе образцов зерновых, собранных на селеноносных почвах, установлено, что уровень селена являлся максимальным в образцах пшеницы, тогда как уровень данного элемента в рисе и кукурузе практически не отличался. Более того, содержание селена в пшенице превышало таковое в рисе и кукурузе в 5 и 4,3 раза, соответственно.

6.2 Содержание эссенциальных элементов в образцах хлеба роти из культур с различным содержанием селена

При анализе образцов пшеницы установлено, что воздействие селена в процессе культивации сопровождается достоверным повышением уровня меди и марганца на 18% и 31% при сравнении с контрольными образцами, соответственно (табл. 5). В то же время, содержание стронция в пшенице с высоким уровнем селена

было достоверно ниже такового в образцах зерна, собранного на территориях с нормальным уровнем селена в почвах, на 24%.

Таблица 5 – Содержание эссенциальных и условно эссенциальных микроэлементов в образцах пшеницы и пшеничного хлеба роти в зависимости от содержания селена (мкг/г)

Элемент	Крупа		Хлеб роти	
	Контроль	Se+	Контроль	Se+
Co	0,010 (0,007-0,030)	0,010 (0,007-0,010)	0,017 (0,017-0,018)	0,016 (0,016-0,018)
Cr	0,030 (0,024-3,830)	0,710 (0,030-0,750)	0,048 (0,020-0,056)	0,146 † (0,140-0,164)
Cu	3,885 (2,420-4,215)	4,570 * (3,420-4,630)	3,460 (3,409-3,560)	4,235 † (4,154-4,350)
Fe	57,87 (23,35-77,85)	52,80 (38,68-57,34)	61,67 (45,92-87,32)	57,84 (57,05-61,71)
I	0,010 (0,007-0,060)	0,020 (0,012-0,020)	0,247 (0,137-0,272)	0,440 † (0,376-0,558)
Mn	22,17 (10,70-25,41)	29,03 * (21,88-29,62)	26,57 (26,48-27,85)	37,95 † (37,15-39,41)
Si	14,37 (7,21-19,78)	5,93 (4,88-15,00)	13,86 (1,48-16,79)	11,94 (10,79-13,22)
Sr	3,825 (2,710-4,355)	2,910 * (2,100-2,960)	5,125 (5,009-5,190)	3,138 † (2,980-3,190)
V	0,020 (0,004-0,040)	0,020 (0,006-0,020)	0,029 (0,026-0,032)	0,041 † (0,038-0,043)
Zn	31,48 (23,62-33,13)	32,15 (26,42-32,87)	32,88 (30,42-33,63)	33,25 (32,18-44,67)

Данные представлены в виде медианы и соответствующих границ межквартильного интервала (IQR); * и † - достоверность отличий по сравнению с контрольными образцами крупы и хлеба, соответственно, при $p < 0,05$

Также обращают на себя внимание многократные отличия в содержании хрома и кремния в образцах с различным уровнем селена, однако данные различия не являлись статистически значимыми вследствие высокой вариабельности параметра. В процессе выпечки хлеба роти из пшеницы с высоким и нормальным содержанием селена, отличия в содержании эссенциальных микроэлементов значительно изменялись. В частности, уровень хрома в селенизированном пшеничном хлебе роти превышал контрольные значения в 3 раза. При этом использование пшеницы, выращенной на селеноносных почвах, достоверно повышало содержание меди, йода, марганца и ванадия в образцах хлеба роти на

22%, 78%, 43% и 40% относительно контрольных образцов, соответственно. Как и в случае образцов пшеницы, содержание стронция в хлебе роти с высоким содержанием селена было достоверно ниже контрольных показателей на 39%.

Как и в случае пшеницы, воздействие селена в процессе культивации также оказывало значительное влияние на содержание эссенциальных элементов в образцах риса и хлеба роти из рисовой муки. В то же время, в отношении достоверных изменений превалировала тенденция к снижению содержания эссенциальных элементов по мере повышения содержания селена. В частности, уровень меди и цинка в образцах риса, выращенного на селеноносных почвах штата Пенджаб (Индия), был достоверно ниже соответствующих показателей в образцах риса с почв с нормальным уровнем селена на 14% и 20%. При этом уровень кремния и стронция в образцах зерен риса с высоким уровнем селена был вдвое ниже, чем в образцах с территорий с нормальным содержанием селена в почвах. Наблюдаемые тенденции к селен-ассоциированному снижению уровня эссенциальных микроэлементов были более выражены в случае хлеба роти, изготовленного из рисовой муки. В частности, содержание кобальта, хрома, меди, железа и цинка в образцах хлеба роти из селенизированной рисовой муки превышало соответствующие показатели в образцах с нормальным содержанием селена на 41%, 34%, 33% и 24%, соответственно. При этом уровень йода, стронция и ванадия в образцах хлеба с высоким содержанием селена был практически вдвое ниже контрольных показателей.

Анализ образцов кукурузы методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой продемонстрировал выраженное влияние различий в содержании селена в почве при культивации на содержание эссенциальных элементов в кукурузном зерне и хлебе роти из кукурузной муки. При этом как и в случае риса отмечалась устойчивая тенденция к снижению уровня других эссенциальных элементов. В частности, содержание меди и кремния в кукурузных зернах с высоким уровнем селена было более чем в два раза ниже такового в образцах, выращенных на почвах с нормальным содержанием этого элемента. Также отмечается более чем двукратное снижение уровня железа в

селенизированной кукурузе по сравнению с контрольными показателями, однако данные различия не являлись статистически значимыми.

Интересно, что при изготовлении хлеба устойчивая тенденция к снижению кумуляции эссенциальных элементов по мере увеличения содержания селена значительно изменялась. В частности, в образцах хлеба роти, изготовленного из богатой селеном кукурузы, отмечалось 18%, 75%, 36%, 30% и 16% увеличение содержания кобальта, хрома, марганца, стронция и цинка, соответственно. В то же время, использование обогащенной селеном кукурузной муки приводило к достоверному снижению уровня железа, йода и ванадия в хлебе роти на 16%, 49% и 35% относительно контрольных образцов, соответственно.

6.3 Влияние воздействия селена в процессе культивации на содержание токсичных химических элементов в образцах зерновых и хлебе роти

Содержание токсичных химических элементов в образцах зерновых и изготовленном из них хлебе роти также было в значительной степени подвержено влиянию селена в процессе культивации. При анализе образцов пшеницы, выращенной на селеноносных почвах, выявлено достоверное снижение уровня мышьяка по сравнению с контрольными показателями на 23% (табл. 6). Сколь угодно значимых отличий в содержании других токсичных элементов выявлено не было. Иная ситуация отмечалась в случае использования обогащенной селеном пшеницы для выпечки хлеба роти. При этом, как и в случае зерна, содержание мышьяка снижалось на 39%. Содержание ртути в хлебе роти из селенизированной пшеничной муки также характеризовалось достоверным снижением в 2,5 раза относительно контрольных образцов с нормальным уровнем селена. В то же время, использование селенизированной пшеницы для изготовления хлеба роти сопровождалось достоверным повышением уровня алюминия и кадмия на 83% и 73% по сравнению с контрольным образцом хлеба. Содержание токсичных металлов в образцах риса также в значительной степени определялось уровнем селена в почвах. В частности, содержание кадмия, никеля, свинца и олова в рисе, выращенном на селеноносных почвах штата Пенджаб (Индия), характеризовалось

достоверным снижением более чем в 5; 11; 22 и 5 раз по сравнению с контрольными образцами, соответственно.

Таблица 6 – Содержание токсичных металлов в образцах пшеницы и пшеничного хлеба роти в зависимости от уровня селена (мкг/г)

Элемент	Крупа		Хлеб роти	
	Контроль	Se+	Контроль	Se+
Al	8,745 (0,990-9,695)	5,660 (1,880-6,780)	5,515 (4,970-6,170)	10,134 † (8,530-10,770)
As	0,013 (0,010-0,020)	0,010 * (0,008-0,010)	0,028 (0,028-0,031)	0,017 † (0,017-0,018)
Cd	0,020 (0,014-0,040)	0,022 (0,020-0,030)	0,015 (0,015-0,017)	0,026 † (0,025-0,027)
Hg	0,003 (0,002-0,005)	0,002 (0,002-0,002)	0,005 (0,002-0,008)	0,002 † (0,002-0,0020)
Ni	0,091 (0,070-1,225)	0,170 (0,112-0,180)	0,135 (0,121-0,138)	0,215 † (0,182-0,235)
Pb	0,014 (0,011-2,115)	0,110 (0,011-0,110)	0,039 (0,036-0,043)	0,026 (0,025-0,030)
Sn	0,006 (0,003-0,125)	0,007 (0,004-0,010)	0,011 (0,011-0,015)	0,014 (0,012-0,028)

Данные представлены в виде медианы и соответствующих границ межквартильного интервала (IQR); * и † - достоверность отличий по сравнению с контрольными образцами крупы и хлеба, соответственно, при $p < 0,05$

Снижение уровня алюминия при этом составило 20%. В то же время, в зернах риса с высоким содержанием селена отмечалось увеличение кумуляции мышьяка на 55% при сравнении с образцами, собранными в регионах с нормальным содержанием селена в почве. Аналогичные тенденции сохранялись и в случае хлеба роти, изготовленного из обогащённой селеном рисовой муки. Так, содержание кадмия, ртути, никеля и свинца в хлебе роти с высоким уровнем селена было ниже контрольных значений в 6; 4; 2, 2 и 4 раза, соответственно. Уровень алюминия в обогащенном селене хлебе роти был ниже такового в хлебе с его нормальным уровнем на 42%.

В образцах кукурузных зерен, выращенных на почвах с высоким уровнем селена, также отмечалась выраженная тенденция к снижению кумуляции токсичных металлов. Содержание кадмия и никеля в данных образцах снижалось относительно соответствующих значений, характерных для хлеба-роти с нормальным уровнем селена, на 18% и 25%.

Результаты анализа зерновых и изготовленного с их использованием традиционного хлеба роти показали, что культивация на селеноносных почвах приводит к выраженной кумуляции селена в зернах пшеницы, риса и кукурузы. В то же время, гиперкумуляция селена сопровождалась изменением содержания эссенциальных и токсичных элементов в зерновых.

6.4 Оценка относительного вклада хлеба роти из муки зерновых, обогащенных в процессе культивации, в суточное потребление микроэлементов

Основываясь на среднем потреблении хлеба роти населением штата Пенджаб (Индия), составляющим 100 г/сут (3 порции), было рассчитано поступление селена, а также основных эссенциальных и токсичных элементов.

Полученные данные свидетельствуют, что поступление селена с хлебом роти из пшеничной муки с нормальным уровнем селена (контроль) составляет 96% от суточного рекомендованного потребления (RDA). В то же время, употребление хлеба роти, изготовленного исключительно с использованием пшеничной муки с высоким содержанием селена, приводило к многократному увеличению поступления селена в организм, превышающему рекомендованные нормы более чем в 173 раза. Более того, данный показатель также превышал верхний переносимый уровень (400 мкг/сут) практически в 24 раза (табл. 7).

В то же время хлеб роти, изготовленный с использованием рисовой или кукурузной муки, был менее выраженным источником селена по сравнению с пшеничным хлебом вне зависимости от региона произрастания зерновых. В частности, употребление хлеба роти, выпеченного с использованием муки из риса и кукурузы, выращенных на территориях с нормальным уровнем селена в почве, обуславливало порядка 27% и 9% рекомендованного суточного потребления данного элемента. При этом селенизированный хлеб роти из рисовой и кукурузной муки при употреблении в количестве 100 г/сут приводил к выраженному увеличению поступления селена, превышающему рекомендованное в 43 и 56 раз, соответственно.

Таблица 7 – Суточное поступление селена при употреблении 3 порций (100 г.) хлеба роти из различных культур в зависимости от территории культивации (мкг/сут)

Культура	Контроль, мкг/сут	% RDI	%TDI	Se+, мкг/сут	% RDI	%TDI
Пшеница	53,2 (44,6 – 56,5)	96	13,3	9529 (9498 – 10100)	173254	23823
Рис	15,1 (13,6 – 16,6)	27,4	3,8	23,7 (213 – 261)	4309	592
Кукуруза	5,2 (4,7 – 5,8)	9,4	1,3	312 (294 – 318)	5665	779
Данные суточного потребления селена представлены в виде медианы и соответствующих границ межквартильного интервала; соответствие рекомендованной величине потребления (RDI = 55 мкг/сут) и допустимому уровню потребления (TDI = 400 мкг/сут) представлено в %						

При анализе вклада пшеничного хлеба роти в суточное потребление эссенциальных микроэлементов установлено, что данный продукт вносил существенный вклад в поступление железа в организм, обеспечивая более трети суточной нормы. При употреблении в пищу обогащенного селеном хлеба роти отмечалось достоверное увеличение поступления йода и марганца на 100% и 42% относительно контрольных образцов хлеба, соответственно. При этом селенизированный хлеб роти может рассматриваться как значимый источник йода, обуславливающий поступление более 30% данного микроэлемента. Содержание марганца в хлебе с высоким уровнем селена было выше рекомендованного уровня поступления практически вдвое. Тем не менее, данные значения были в 2,9 раз ниже верхнего предела переносимости.

В отличие от пшеничного хлеба роти, хлеб, изготовленный из рисовой муки, не являлся значимым источником железа, меди, цинка, йода, обеспечивая менее 15% суточной потребности. Обращает на себя внимание тот факт, что хлеб роти из рисовой муки вносил существенный вклад в поступление марганца с пищей, обуславливая более трети суточного потребления.

Наряду с эссенциальными микроэлементами также был оценен вклад употребления 100 г (3 порции) хлеба роти в поступление токсичных металлов с пищей. С одной стороны, использование при выпечке хлеба селенизированной пшеницы снижало количество ртути, поступающей с пищей, тогда как с другой,

обогащенный селеном хлеб роти способен обуславливать на 50% большее поступление кадмия. Тем не менее, потенциальное поступление кадмия с селенизированным пшеничным хлебом не превышало 5% от максимального переносимого уровня.

При анализе вклада рисового хлеба роти в содержание микроэлементов в рационе показало, что данный продукт может являться значимым источником поступления кадмия, составляющего 8% от верхнего переносимого уровня. При использовании селенизированной рисовой муки в процессе выпечки вклад хлеба роти в суточное поступление кадмия характеризовался более чем 6-кратным снижением.

При анализе вклада кукурузного хлеба роти с нормальным уровнем селена обращает на себя внимание значительное количество ртути, составляющее 7% от предельного уровня потребления. Также, при использовании фортифицированной селеном кукурузы данный показатель снижался практически втрое.

6.5 Оценка *in vitro* биодоступности селена и других микроэлементов из обогащенного селеном хлеба

Несмотря на то, что на основании данных об общем содержании химических элементов из хлеба, изготовленного из обогащенных селеном зерновых, был оценен потенциальный вклад данной продукции в суточное потребление микроэлементов, подобные оценки являются лишь ориентировочными, поскольку в процессе пищеварения лишь часть химических элементов всасывается в желудочно-кишечном тракте. В этой связи была проведена оценка влияния уровня селена в хлебной продукции на биодоступность селена и других микроэлементов в *in vitro* модели желудочно-кишечного переваривания.

Установлено, что биодоступность селена из пшеничного хлеба роти, изготовленного из селенизированного зерна, была ниже контрольных значений на 33% при непосредственных величинах биодоступности 25% и 37%, соответственно. Аналогично, выращивание кукурузы на селеноносных почвах штата Пенджаб (Индия) приводило к снижению биодоступности селена на 46% по сравнению с кукурузным хлебом, изготовленным из муки с нормальным уровнем

селена. При этом величины биодоступности селена из кукурузного хлеба роти с высоким и нормальным уровнем селена составляют 25% и 46%, соответственно. В отличие от пшеницы и кукурузы, различия в уровне селена в зерне и, впоследствии, в рисовом хлебе не оказывали значительного влияния на процент усвоения селена (37% против 35%). С учетом установленных величин биодоступности селена из исследуемой хлебобулочной продукции, поступающее с суточной порцией селенизированного пшеничного, кукурузного, а также рисового хлеба количество селена превышает RDA в 34; 14 и 16 раз, соответственно.

Таким образом, результаты проведенного исследования по оценке биодоступности микроэлементов из образцов хлеба роти, обогащенного селеном, показали, что фортификация зерновых селеном впоследствии несколько снижает биодоступность данного элемента, однако в условиях многократного избытка данное снижение не имеет выраженного физиологического значения. Также интересно, что воздействие селена в процессе культивации не оказывало выраженного влияния на биодоступность других химических элементов.

6.6 Влияние алиментарно-обусловленного избытка селена на обмен эссенциальных и токсичных микроэлементов в организме

Результаты анализа сыворотки крови методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой продемонстрировали, что сывороточная концентрация селена у обследуемых людей с высоким уровнем поступления селена с пищей превышала контрольные значения более чем в 2 раза (табл. 8).

Таблица 8 – Сывороточная концентрация эссенциальных элементов у обследуемых с нормальным и избыточным уровнем селена

Элемент	Контроль	Избыток Se	p value
Co, нг/мл	0,647 (0,568 - 0,803)	0,538 (0,436 - 0,72)	< 0,001 *
Cu, мкг/мл	1,083 (0,967 - 1,226)	1,065 (0,922 - 1,228)	0,431
Fe, мкг/мл	1,584 (1,145 - 2,035)	1,292 (1 - 1,705)	0,332
Mn, нг/мл	1,966 (1,697 - 2,235)	3,516 (2,575 - 4,882)	< 0,001 *
Zn, мкг/мл	0,917 (0,854 - 0,987)	0,976 (0,854 - 1,204)	0,004

Данные представлены в виде медианы и соответствующих границ межквартильного интервала; значения p указаны в соответствии с U-критерием Манна-Уитни при уровне достоверности $p < 0,05$

В то же время, наряду с изменениями концентрации селена в сыворотке крови, были выявлены значительные изменения обмена других микроэлементов. В частности, наиболее выраженным являлось увеличение уровня марганца в сыворотке крови на 78% по сравнению с контрольными значениями.

Также отмечалось шестипроцентное превышение сывороточной концентрации цинка, тем не менее являющееся статистически значимым. Напротив, уровень кобальта характеризовался достоверным снижением на 17% по сравнению с обследуемыми без избытка селена.

Крайне выраженные изменения были выявлены при анализе уровня токсичных элементов в сыворотке и волосах (табл. 9).

Таблица 9 – Уровень токсичных элементов в сыворотке крови и волосах, обследуемых в зависимости от сывороточной концентрации селена

Элемент	Контроль	Избыток Se	p value
Сыворотка As, нг/мл	2,036 (1,691 - 3,276)	3,021 (1,242 - 4,321)	< 0,001 *
Сыворотка Cd, нг/мл	0,012 (0,012 - 0,042)	0,06 (0,06 - 0,06)	< 0,001 *
Сыворотка Ni, нг/мл	2,117 (1,625 - 2,504)	6,272 (5,12 - 7,451)	< 0,001 *
Волосы Al, мкг/г	3,439 (2,044 - 5,034)	5,142 (3,078 - 8,442)	< 0,001 *
Волосы As, мкг/г	0,017 (0,01 - 0,026)	0,031 (0,021 - 0,101)	< 0,001 *
Волосы Cd, мкг/г	0,008 (0,005 - 0,014)	0,016 (0,008 - 0,03)	< 0,001 *
Волосы Hg, мкг/г	0,452 (0,255 - 0,709)	0,641 (0,309 - 1,242)	0,007
Волосы Ni, мкг/г	0,193 (0,127 - 0,294)	0,286 (0,159 - 0,466)	< 0,001 *
Волосы Pb, мкг/г	0,221 (0,142 - 0,373)	0,435 (0,212 - 1,042)	< 0,001 *
Данные представлены в виде медианы и соответствующих границ межквартильного интервала; значения p указаны в соответствии с U-критерием Манна-Уитни при уровне достоверности $p < 0,05$			

Так, сывороточная концентрация никеля у обследуемых с избытком селена превышала соответствующие показатели в контрольной группе практически втрое. Анализ образцов волос лиц с различным уровнем селена выявил выраженную тенденцию к селен-ассоциированному повышению уровня токсичных металлов в волосах обследуемых. В частности, содержание алюминия, мышьяка, ртути и никеля в волосах лиц с избытком селена превышал таковое у обследуемых с адекватной обеспеченностью селеном на 50%, 82%, 42% и 48%. При этом селен-

ассоциированное увеличение уровня кадмия и свинца являлось практически двукратным по сравнению с контрольными значениями.

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о выраженном повышении сывороточной концентрации селена при употреблении пищи с избыточным содержанием селена вплоть до превышения референтных значений. Помимо повышения уровня селена в организме, его избыточное поступление способствует модуляции обмена других микроэлементов - снижением концентрации токсичных микроэлементов и условно эссенциальных элементов (хром, кобальт и ванадий) в индикаторных биосубстратах, тогда как обмен основных эссенциальных элементов, таких как медь, цинк, йод и железо не нарушается. Эти данные свидетельствуют об эффективности использования обогащенного селеном хлеба в качестве алиментарного источника этого элемента.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных комплексных исследований выявлена базовая роль элементного статуса организма человека и его связь с клеточными и функциональными адаптивными реакциями, протекающими в измененных экологических условиях среды обитания.

2. Показано возникновение существенного дисбаланса в элементном статусе организма человека и активности функциональных систем при изменении экологических условий. Это связано как с интенсификацией выведения ряда элементов с мочой (цинка, меди) и снижением содержания других элементов (магний) в биосредах, так и с повышением содержания токсичных элементов, таких как ртуть и свинец.

3. Выявлены эколого-физиологические особенности формирования элементного статуса в измененных экологических условиях, в частности показана связь накопления токсичных элементов в биосредах обследуемых в зависимости от региона постоянного проживания. Так, методом множественного линейного регрессионного анализа установлено, что у студентов из стран Латинской Америки, Юго-Восточной Азии и Африки имеется достоверная прямая

взаимосвязь с уровнем ртути, а у студентов из африканских стран выявлена достоверная положительная связь с уровнем свинца.

4. Обнаруженные нарушения обмена химических элементов в организме студентов в измененной экологической среде играют значимую роль в нарушении активности функциональных систем, в первую очередь, сердечно-сосудистой. В частности, адекватная обеспеченность организма железом, магнием и марганцем связана со снижением напряжения функциональных систем, индекса жесткости артериальной стенки, а также нормализацией тонуса периферических сосудов.

5. Установлена принципиальная возможность направленного влияния на элементный статус организма человека, адаптирующегося к измененным экологическим условиям среды. В частности, выявлено, что добавление в рацион питания соединений цинка и селена приводит к снижению уровня токсичных металлов в организме.

6. Выявлено, что коррекция элементного статуса у лиц, находящихся в измененной экологической среде, позволяет нормализовать функциональное состояние организма. В частности, посредством курсового приема аспарагината магния, выявлено достоверное 26% снижение выраженности стрессорной реакции у студентов-иностранцев, также установлено достоверное снижение индекса жесткости крупных сосудов (аорта и ее ветви) по сравнению с исходными показателями.

7. Показана эффективность и перспективность применения пищевых продуктов, обогащенных селеном, в коррекции элементного статуса организма. Так, культивация пшеницы, риса и кукурузы на селеноносных почвах приводит к многократной кумуляции селена в зерне и хлебе роти, а также выраженным изменениям содержания других химических элементов, включающим в первую очередь увеличение уровня марганца и снижение содержания в рисе токсичных металлов, в частности кадмия, никеля, свинца и олова, более чем в 5, 11, 22, 5 раз соответственно и мышьяка на 23%.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Используемые методики не инвазивной оценки элементного статуса целесообразно внедрять в комплексы профилактических мероприятий для иностранных студентов, прибывших на обучение в Российскую Федерацию, для повышения их адаптационного потенциала.

2. Опыт применения целенаправленной коррекции элементного статуса студентов с помощью функционального питания (магний-DS, обогащенный селеном хлеб роти) целесообразно использовать для разработки рецептур продуктов, используемых для ускорения адаптации людей при смене экологических условий обитания.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные публикации в журналах, включенных в мировые базы цитирования Scopus и Web of Science, а также в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК

1. Profiling of selenium and other trace elements in breads from rice and maize cultivated in a seleniferous area of Punjab (India)/ **A.A. Kirichuk**, M.G. Skalnaya, A.A.Tinkov [et al.] // Journal of Food Science and Technology. – 2021. – Vol. 58, № 3. – P. 825–833 (*Scopus*).

2. Specific patterns of hair content of toxic metal in foreign students of the peoples' friendship university of Russia (RUDN university) Y.A. Rakhmanin, **A.A. Kirichuk**, A.A. Skalny [et al.] // Gigiena i Sanitariya. – 2021. – Vol. 99, № 7. – P. 733-737(*Scopus*).

3. **Kirichuk A.A.** Copper (Cu), iron (Fe) and zinc (Zn) status of the RUDN University foreign students /A.A. Kirichuk // Trace Elements and Electrolytes. – 2021. – Vol. 38. – №. 3. – P. 144 (*Web of science*).

4. The influence of fortified food products on dietary iron, iodine, and zinc content in Tajik schoolchildren / **A.A. Kirichuk**, Y.A. Rakhmanin, A.A. Skalny [et al.] // Gigiena i Sanitariya. – 2021. – Vol. 99, № 9. – P. 975-979 (*Scopus*).

5. **Kirichuk A.A.** Magnesium (Mg) supplementation improves cardiovascular reactivity and psychoemotional stress in first-year foreign students / A.A. Kirichuk // Trace Elements and Electrolytes. – 2021. – Vol. 38. – №. 3. – P. 144 (*Web of science*).
6. Arsenic, cadmium, mercury, and lead levels in hair and urine in first-year RUDN University students of different geographic origins / **A.A. Kirichuk**, A. A. Skalny, A.I. Rusakov [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2020. – Vol. 27. – №. 27. – P. 34348-34356 (*Scopus*).
7. **Kirichuk, A. A.** Manganese and cobalt levels in hair and urine of RUDN University first-year students/ A.A. Kirichuk // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2020. – Vol. 169. – P.04001 (*Web of science*).
8. **Kirichuk, A.A.** Activity, imbalance and adaptation responses of functional systems of organism of foreign students of peoples' friendship university of Russia in megapolis conditions / A.A. Kirichuk, I.V. Radysh, A.Y. Chizhov // *Ecologiya Cheloveka (Human ecology)*. – 2019. – Vol.1. – P. 20-25 (*Scopus*).
9. Geographic variation of environmental, food, and human hair selenium content in an industrial region of Russia / A.V. Skalny, T.I. Burtseva, E.V. Salnikova, O.P. Ajsuvakova, M.G. Skalnaya, **A.A. Kirichuk**, A.A. Tinkov // Environmental research. – 2019. – Vol. 171. – P. 293-301(*Scopus*).
10. The efficiency of Governmental and WFP UN Programs for improvement of nutritional status in Tajik schoolchildren as assessed by dietary intake and hair trace element content / **A.A. Kirichuk**, A.A. Skalny, J.S. Dodkhoyev [et al.] // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2019. – Vol. 55. – C.196-203 (*Scopus*).
11. Selenium and Other Elements in Wheat (*Triticum aestivum*) and Wheat Bread from a Seleniferous Area / M.G. Skalnaya, A.A. Tinkov, N.T. Prakash, O.P. Ajsuvakova, S.K. Jaiswal, R. Prakash, A.R. Grabeklis, **A.A. Kirichuk** [et al.] // Biological Trace Element Research. – 2019. – Vol. 192, № 1. – P.10–17 (*Scopus*).
12. Relationship between anthropometric data, element status and nutrition in Tajik schoolchildren / **A.A. Kirichuk**, Yu.N. Lobanova, A.A.Skalny [et al.] // Trace Elements and Electrolytes. – 2018. – Vol. 35, № 4. – P. 225-227 (*Web of science*).

13. Kabki, B. H. Element status of people living in the Middle East territory / D.H. Kabki, M. Al-Mohalep, A.A. **Kirichuk** // Trace Elements and Electrolytes. – 2018. – Vol. 35. – №. 4. – С. 190-192 (*Web of science*).

14. Влияние магния на психоэмоциональное напряжение и функциональную активность сердечно-сосудистой системы у студентов из стран Африки / **А.А. Киричук**, А.С. Клименко, Ю.Н. Лобанова [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2020. – Т. 28, № 4. – С. 408-416.

15. **Киричук, А. А.** Адаптационные реакции студентов Российского университета дружбы народов из стран Латинской Америки в условиях Московского мегаполиса / А.А. Киричук, Н.А. Черных, Ю.Н. Баева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18, №. 2–3. – С. 707-711.

16. **Киричук, А. А.** Влияние мегаполиса на адаптационные реакции студентов РУДН первого года обучения / А.А. Киричук, А.Я. Чижов, И.В. Радыш // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 3. – С. 40-47.

Публикации в других научных изданиях

17. **Киричук, А. А.** Адаптационные реакции студентов из стран Африки в условиях столичного мегаполиса / А.А. Киричук, А.Я. Чижов // Технологии живых систем. – 2014. – Т. 11, №. 5. – С. 40-45.

18. **Киричук, А. А.** Влияние московского мегаполиса на адаптационные реакции студентов РУДН из Латинской Америки / А.А. Киричук, А.Я. Чижов // Научные технологии. – 2016. – Т. 17, №. 11. – С. 72-76.

19. **Киричук, А. А.** Адаптационные реакции студентов из стран Ближнего и Среднего Востока в условиях Московского мегаполиса / А.А. Киричук, С.А. Шастун, А.Я. Чижов // Технологии живых систем. – 2018. – Т. 15, №. 2. – С. 58-63.

20. **Киричук, А.А.** Стрессовая реакция и реактивность сердечно-сосудистой системы иностранных студентов Российского университета дружбы народов / А.А. Киричук // Технологии живых систем. – 2020. – Т.17, №4. – С.71-77.

21. Особенности содержания калия, натрия, кальция, магния, фосфора в волосах у иностранных студентов мужского пола первого года обучения / **А.А. Киричук**, А.А. Скальный, Ю.Н. Лобанова [и др.] // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2019. – Т. 22, № 12. – С. 51-57.

22. Влияние высокого уровня селена в почве на кумуляцию эссенциальных элементов в зерне и муке из пшеницы, риса и кукурузы / М.Г. Скальная, Н.Т. Пракаш, О.П. Айсувакова, А.Р. Грабеклис, **А.А.Киричук**, М.М. Левина, А.А. Тиньков // Микроэлементы в медицине. – 2019. – Т. 20, № 1. – С. 59-65.

23. **Киричук, А.А.** Взаимосвязь обмена эссенциальных микроэлементов и функционального состояния сердечно-сосудистой системы у студентов-иностранцев /А.А.Киричук // Микроэлементы в медицине. – 2020. – Т. 21, № 3. – С. 33-42.

24. **Киричук, А.А.** Особенности элементного статуса волос студентов, прибывших на учебу в московский мегаполис из различных регионов мира /А.А.Киричук // Микроэлементы в медицине. – 2020. – Т 21, №1. – С. 14-21.

25. Оценка взаимосвязи содержания химических элементов в волосах и химического состава рациона у студентов первого курса РУДН / А.В. Гальченко, М.Ю. Яковлев, А.А. Скальный, **А.А. Киричук**, О.Ю. Орлова, Р. Алмасри, Т.В. Коробейникова // Микроэлементы в медицине. – 2020. – Т. 21, № 2. – С. 41-48.

26. **Киричук, А. А.** Адаптационные реакции студентов первого года обучения / А.А.Киричук, А.Я. Чижов // Качество жизни, психология здоровья и образование: Междисциплинарный подход: 24-25 апреля 2014 г. Тезисы докладов. Москва. – 2014. – С.165-166.

27. **Киричук, А. А.** Адаптационные реакции студентов из различных континентов в условиях московского мегаполиса / А.А. Киричук, Чижов А. Я. //Агаджаньяновские чтения. – 2018. – С. 120-121.

28. **Киричук, А. А.** Дисбаланс и активность функциональных систем организма студентов РУДН из различных климатоэкологических зон в условиях московского мегаполиса / А.А. Киричук, А.Я. Чижов // Эколого-физиологические проблемы адаптации. – 2019. – С. 109–111.

29. **Киричук, А.А.** Особенности элементного состава волос студентов из различных регионов мира / А.А. Киричук, А.Р. Грабеклис // Эколого-физиологические проблемы адаптации. Материалы XVIII Всероссийского симпозиума с международным участием. Российский университет дружбы народов. – 2019. – С.107-109.

30. **Киричук, А. А.** Активность дисбаланс функциональных систем организма студентов из различных климатогеографических регионов / А.А. Киричук, А.Я. Чижов // Агаджаньяновские чтения. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Издательство: РУДН. – 2020. – С. 101-102.

31. **Киричук, А.А.** Влияние условий московского мегаполиса на адаптационные реакции студентов из стран Африки / А.А. Киричук // Актуальные проблемы экологии и природопользования. Сборник научных трудов XXI Международной научно-практической конференции: в 3 т. Российский университет дружбы народов. Москва. – 2020. – С.283-287.

32. **Киричук, А.А.** Особенности обмена марганца и кобальта у студентов-иностранцев Российского университета дружбы народов / А.А. Киричук // Актуальные проблемы экологии и природопользования. Сборник научных трудов XXI Международной научно-практической конференции: в 3 т. Российский университет дружбы народов. Москва. – 2020. – С.288-292.

33. **Киричук, А.А.** Адаптационные реакции студентов РУДН из Юго-Восточной Азии в условиях московского мегаполиса / А.А. Киричук // Эколого-физиологические проблемы адаптации. Материалы XVIII Всероссийского симпозиума с международным участием. Российский университет дружбы народов. – 2019. – С.106-107.

34. Essential Trace Element Status in Foreign First-Year Students Attending RUDN University / **A.A. Kirichuk**, A. A. Skalny, D.V. Butnaru [et al.] // Pakistan Journal of Nutrition. – 2021. – Vol. 20. – P. 25-30.