

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра биохимии

ШЛЯГА
Злата Валерьевна

СРАВНЕНИЕ БИОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА БИОЛОГИЧЕСКИХ
СРЕД ПРИ ОБЫЧНОМ СТАТУСЕ ПИТАНИЯ И У ЛИЦ С
ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА

Дипломная работа

Научный руководитель:
Степанова Юлия Игоревна, к.м.н.,
доцент

Научный консультант:
зав. кафедрой биохимии
кандидат биологических наук
доцент
Семак И.В.

Допущена к защите
«__» _____ 2024 г.
Зав. кафедрой биохимии

кандидат биологических наук, доцент
_____ И.В. Семак

Минск, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1 Обзор литературы по проблеме биоэлементного статуса организма взрослого человека.....	6
1.1 Основные характеристики нутриционного статуса человека.....	6
1.2 Общая классификация биоэлементов.....	8
1.3 Характеристика изучаемых макроэлементов	10
1.3.1 Кальций (Ca).....	10
1.3.2 Магний (Mg).....	11
1.3.3 Фосфор (P).....	11
1.3.4 Калий (K)	12
1.3.5 Натрий (Na)	13
1.4 Характеристика изучаемых микроэлементов.....	13
1.4.1 Цинк (Zn)	14
1.4.2 Медь (Cu).....	14
1.4.3 Железо (Fe)	15
1.4.4 Селен (Se)	16
1.4.5 Алюминий (Al).....	16
1.4.6 Марганец (Mg)	18
2 Методы и материалы	19
2.1 Объект исследования	19
2.2 Характеристика биологических сред	19
2.3 Методы исследования	20
2.4 Референтные показатели.....	22
2.5 Принцип спектрофотометрического метода исследования	22
2.6 Принцип атомно-эмиссионной спектроскопии.....	24
3 Результаты исследования	26
3.1 Характеристика показателей биоэлементного статуса обследованных ..	26
3.2 Анализ биоэлементного статуса взрослого населения Минского региона по данным спектрометрии волос.....	27
3.3 Оценка баланса биоэлементов в организме человека по данным их содержания в сыворотке крови и моче	27
3.4 Установление закономерностей биоэлементного состава различных биологических сред у взрослого населения Минского региона с обычным статусом питания.....	30
4 Биоэлементный состав у лиц с избыточным весом	32
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	38

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	40
---------------------------------------	----

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ХЭ – химические элементы

МЭ – микроэлементы

ВВЕДЕНИЕ

Очевидно, что тема поддержания здоровья человека остаётся не просто актуальной, а приоритетной как для самого человека, так и для общества в целом. Максимальное продление жизни и поддержание её качества без особого вмешательства врачей – вот главная цель многих исследований в области биологических наук, поэтому изучение одной из главных составляющих для существования и функционирования человеческого организма – питания – является весьма актуальной биосоциальной проблемой современности.

Для человека пища является важнейшим биологическим фактором его нормального жизнеобеспечения, обеспечивает постоянное обновление, развитие клеток и тканей организма, является источником энергии. Продукты питания – это источники веществ, из которых синтезируются гормоны, ферменты и другие регуляторы метаболических процессов. Обмен веществ полностью зависит от характера питания. Состав пищи, её количество и свойства определяют физическое развитие и рост, заболеваемость, трудоспособность, продолжительность жизни и нервно-психическое состояние человека. С пищей в наш организм должно поступать достаточное, но не избыточное, количество белков, углеводов, жиров, биоэлементов, витаминов и минеральных веществ в правильных пропорциях для его нормального функционирования [1].

По таким параметрам как внешний вид, состояние бодрости или усталости, скорость старения, переносимость физических нагрузок можно сделать вывод о характере питания. Более точно выяснить, что происходит в организме человека под влиянием потребляемой пищи, можно по результатам лабораторных исследований различных биологических сред организма. Исходя из них можно заключить, является ли рацион исследуемого полноценным или требует корректировки. Оценка элементного статуса человека позволяет определить степень влияния на здоровье человека дефицита, избытка или нарушения тканевого перераспределения биоэлементов. Данный анализ проводится либо путём прямого определения содержания элементов в органах, тканях и биологических жидкостях организма человека, либо косвенно — путём изучения различных биохимических реакций и процессов, в которые вовлечены изучаемые элементы.

Для изучения влияния характера питания человека на состав микро- и макроэлементов его организма я выделила основную **цель работы** – оценить биоэлементный состав в разных биологических средах (сыворотка крови, моча, волосы) у взрослого населения Минского региона с обычным статусом питания и сравнить данные результаты с биоэлементным составом у лиц с избыточной массой тела у населения г. Гродно и Гродненской области. **Объектом** данного

исследования являлись 146 практически здоровых лиц из Минского региона в возрасте от 18 до 60 лет, а также группа населения с избыточным весом в возрасте от 18 до 30 лет г. Гродно и Гродненской области. Предмет исследования – содержание следующих биоэлементов в биологических средах организма:

1. Сыворотка крови – Ca, Mg, Fe, P, K, Na;
2. Моча – Ca, Mg, P, K, Na;
3. Волосы – Ca, Mg, P, K, Na, Zn, Cu, Fe, Se, Al, Mn.

Используемые **методы исследования** – аналитический, статистический, спектрофотометрический, атомно-эмиссионная спектрометрия, рентгенофлуоресцентный анализ.

Для достижения цели исследования поставлены следующие **задачи**:

- проанализировать данные доступных литературных источников по теме дипломной работы и разработать концепцию и дизайн исследования;
- оценить биоэлементный статус взрослого населения Минского региона путём определения содержания биоэлементов в биологических средах (сыворотка крови, моча, волосы);
- установить закономерности биоэлементного состава различных биологических сред у взрослого населения Минского региона с обычным статусом питания;
- оценить биоэлементный статус взрослого населения с избыточным весом, используя данные литературных источников;
- сделать сравнительный анализ и заключение.

ГЛАВА 1

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ПРОБЛЕМЕ БИОЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА ОРГАНИЗМА ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА

1.1. Основные характеристики нутриционного статуса человека

Под нутриционным статусом (состоянием питания) понимают фактическое структурно-функциональное состояние организма (тощей массы тела, жировых резервов, белков крови и др.), обусловленное как предшествующим питанием, конституциональными, половыми, возрастными особенностями организма, так и наличием изменений в обмене веществ (катаболизм, гиперметаболизм) вследствие заболеваний и травм. Термин «нутриционный статус» более точно отражает сущность понятия, чем часто используемый термин «состояние питания» («пищевой статус»), так как он характеризует изменения не только питания, но и метаболизма [3]. В настоящее время наиболее приемлемой является классификация статуса питания Кошелева [4–5]. В соответствии с ней различают четыре вида статуса питания:

а) Обычный. К нему относятся люди, не имеющие связанных с питанием нарушений структуры и функции, обладающие адаптационными резервами, которые могут обеспечить обычные условия существования. Это здоровые люди, питающиеся обычной полноценной пищей.

б) Оптимальный. К оптимальному статусу относятся люди с признаками обычного статуса питания, но располагающие адаптационными резервами, обеспечивающими существование или работу в экстремальных ситуациях. Такой статус формируется специальными рационами. Им обладают или должны обладать лица определенных профессий (лётчики, спортсмены и др.).

в) Избыточный. Данный вид статуса питания может быть первой, второй, третьей и четвёртой степени. Избыточный статус в зависимости от степени характеризуется соответствующими нарушениями структуры и функции, снижением адаптационных резервов организма. Он формируется под влиянием рационов, содержащих избыточное количество энергии [6].

д) Недостаточный. Недостаточный статус питания возникает при количественной или качественной недостаточности питания, при ограничении или полной невозможности удовлетворения питательных веществ или развивающийся вследствие того и другого вместе. В итоге могут нарушаться структура и функция, снижаются адаптационные резервы и возможности организма. Он характеризуется незначительными нарушениями структуры и функций (или их отсутствием), когда симптомы пищевой недостаточности ещё не определяются, но специальными методами можно обнаружить снижение

адаптационных резервов и функциональных возможностей организма в случае изменения обычных условий жизни [7, 8]. Различают следующие варианты недостаточного статуса питания:

1) *неполноценный статус питания* характеризуется незначительными нарушениями структуры и функций (или их отсутствием), когда симптомы пищевой недостаточности еще не определяются, но специальными методами можно обнаружить снижение адаптационных резервов и функциональных возможностей организма в случае изменения обычных условий жизни;

2) *преморбидный статус питания* характеризуется появлением микросимптомов пищевой недостаточности, ухудшением функций основных физиологических систем, снижением общей резистентности и адаптационных резервов даже в обычных условиях существования, но при этом болезненный синдром ещё не обнаруживается;

3) *морбидный статус* определяется не только функциональными и структурными изменениями, но и клиническими проявлениями синдрома пищевой недостаточности, сопровождаемыми нарушением обмена веществ, подтвержденным биохимическими и клиническими исследованиями [9].

Помимо основных компонентов питания (белков, жиров, углеводов и витаминов), определяющее влияние на течение процессов жизнедеятельности в организме человека оказывает уровень обеспеченности минеральными компонентами пищи, которые не используются как энергетические материалы, что является специфической особенностью для белков, жиров и углеводов [10].

В рационах питания на фоне снижения потребления мяса, птицы, овощей и фруктов и увеличения углеводного и жирового компонентов пищи повсеместно выявлены дефициты таких эссенциальных микронутриентов, как железо (Fe), кальций (Ca), магний (Mg), цинк (Zn), Se. На современном этапе развития общества за счет стандартных рационов питания невозможно осуществить повышенную обеспеченность организма человека эссенциальными микронутриентами [11, 12]. Выявляемость основных наиболее практически значимых гипомикроэлементозов у жителей различных регионов занимает существенное место в современных исследованиях. Латентные макро – и микроэлементозы, не имеющие ярких клинических проявлений, имеют очень широкое распространение [13].

1.2. Общая классификация биоэлементов

Биоэлементы – это краткий термин, предложенный для общего обозначения элементов, которые, в зависимости от количественного содержания в организме человека, подразделяются на макро- и микроэлементы (в некоторых классификациях добавлены ещё нано- и миллиэлементы). Они представляют

собой неорганические вещества, которые содержатся в окружающей среде и, что важно, входят в состав всех жидкостей и тканей живых организмов, включая человека [14].

Процентное содержание биоэлементов небольшое, около 4 или 5%, но их наличие является не просто важным, а незаменимым, ведь они регулируют огромное количество биохимических процессов в организме, что является основой для нормальной работы костно-мышечной, сердечно-сосудистой, иммунной, гормональной, нервной систем, для процессов кроветворения, обмена веществ, пищеварения и выведения продуктов метаболизма [15]. Биоэлементы в нашем организме выполняют следующие функции:

- являются основным строительным материалом для скелета и зубов;
- регулируют водно-солевой баланс;
- участвуют в нормальной регенерации тканей, передаче нервных импульсов, обеспечении проницаемости мембран клеток, выработки ферментов.

Как упоминалось выше, биоэлементы включают в себя макроэлементы, содержание которых в живых организмах составляет более 0,01 %, и микроэлементы, чье процентное содержание меньше 0,01 [16].

Макро- и микроэлементы распределены между различными органами и тканями неравномерно. Самые большие концентрации макроэлементов обнаруживаются в костной ткани, коже и ее придатках, печени и мышцах. Как правило, можно сделать вывод о значимости того или иного химического элемента для нормального функционирования органа или ткани по его концентрации в определенном участке тела [17]. Так, йод максимально накапливается в щитовидной железе, что определяет его основополагающее влияние на деятельность этого органа эндокринной системы. Фтор содержится в эмали зубов; цинк в половых органах, коже, волосах, поджелудочной железе; железо в эритроцитах и т.д. [18] Оптимальный диапазон концентрации элемента обеспечивает осуществление жизненно важных функций элемент-содержащих ферментов. При дефиците или избыточном накоплении элементов в организме могут происходить серьезные изменения, связанные с нарушением активности ферментов прямо или косвенно зависящих от них.

Важной особенностью функционирования макро- и микроэлементов, в организме является их взаимодействие друг с другом; часто это взаимодействие проявляется в виде синергических и антагонистических эффектов [19].

Одним из перспективных направлений современной медицины, позволяющих решить вопросы этиологии и патогенеза заболеваний, является выявление и определение изменений содержания макро- и микроэлементов, а также их коррекция. Оценка метаболизма макро- и микроэлементов применяется в восстановительной медицине, поскольку ее основным объектом изучения являются преморбидные формы нарушения здоровья, когда на первый

план выступают неспецифические проявления психического и соматического неблагополучия, тесно связанные с нарушением метаболизма элементов [19, 20].

1.3. Характеристика изучаемых макроэлементов

1.3.1. Кальций (Ca)

Общее содержание кальция в организме человека составляет примерно 1,9% общего веса человека, при этом 99% всего кальция приходится на долю скелета и лишь 1% содержится в остальных тканях и жидкостях организма. Суточная потребность в кальции для взрослого человека составляет – (0,45–0,8)–1,2 г в день.

Кальций в пище, как растительной, так и животной, находится в виде нерастворимых солей. Всасывание их в желудке почти не происходит. Абсорбция кальциевых соединений происходит в верхней части тонких кишок, главным образом в 12-перстной кишке. Здесь на всасывание оказывают большое влияние желчные кислоты. Физиологическая регуляция уровня кальция в крови осуществляется гормонами паращитовидных желез и витамином D через посредство нервной системы [20].

Кальций участвует во всех жизненных процессах организма. Нормальная свертываемость крови происходит только в присутствии солей кальция. Кальций играет важную роль в нервно-мышечной возбудимости тканей. При увеличении в крови концентрации ионов кальция и магния нервно-мышечная возбудимость уменьшается, а при увеличении концентрации ионов натрия и калия – повышается. Кальций играет определенную роль и в нормальной ритмической работе сердца. Без него невозможно нормальное протекание процессов, в которых задействованы отдельные гормоны.

Основным источником кальция являются молоко и молочные продукты. Учеными установлено, что 500–700 мл коровьего молока полностью удовлетворяют суточную потребность детского организма в кальции. Однако для оптимального усвоения этого минерала необходимо сочетание его с витаминами D, B₂, B₆, B₁₂, C и солями фосфора [21]. Особенно важно, чтобы соотношение кальция и фосфора составляло 1,5:1 для детей до 6 месяцев, 1,3:1 для детей от 6 до 12 месяцев и 1:1 для детей от 1 года.

При избытке кальция наблюдаются: хронический гипертрофический артрит, кистозная и фиброзная остеодистрофия, остеофиброз, мышечная слабость, затруднение координации движений, деформация костей позвоночника и ног, самопроизвольные переломы, переваливающаяся походка, хромота, тошнота, рвота, боли в брюшной полости, дизурия, хронический гломерулонефрит, полиурия, частые мочеиспускания, никтурия, анурия. При

избытке кальция наблюдаются сильные сердечные сокращения и остановка сердца в систоле [22]. Избыток кальция может приводить к дефициту цинка и фосфора, в то же время препятствует накоплению свинца в костной ткани.

При недостатке кальция наблюдаются: тахикардия, аритмия, побеление пальцев рук и ног, боли в мышцах, рвота, запоры, почечная колика, печеночная колика, повышенная раздражительность, дезориентация, галлюцинации, спутанность сознания, потеря памяти, тупость. Волосы делаются грубыми и выпадают, ногти становятся ломкими, кожа утолщается и грубеет, зубы – дефекты в дентине, на эмали зубов появляются ямки, желобки, хрусталик теряет прозрачность. Кроме недостатка кальция, недостаток витамина D, особенно у детей, ведет к развитию характерных рахитических изменений [23].

1.3.2. Магний (Mg)

Общее содержание магния в организме человека составляет примерно 21 г. Главное «депо» магния находится в костях и мышцах: в костях фосфорнокислого магния содержится 1,5%, в эмали зубов – 0,75% (в кариозных зубах – 0,83–1,88%). Ежедневная потребность в магнии – 0,25–0,35 г [24].

Магний является необходимой составной частью всех клеток и тканей, участвуя вместе с ионами других элементов в сохранении ионного равновесия жидких сред организма; входит в состав ферментов, связанных с обменом фосфора и углеводов; активирует фосфатазу плазмы и костей и участвует в процессе нервно-мышечной возбудимости. Особенно богата магнием растительная пища – необработанные зерновые, фиги, миндаль, орехи, тёмно-зелёные овощи, бананы. Кроме того, он поступает в организм с питьевой водой.

Дефицит магния в организме ребенка первых лет жизни проявляется в первую очередь нарушением деятельности кишечника и может привести к развитию рахита, который не поддаётся лечению витамином D. Избыток магния может приводить к дефициту кальция и фосфора [25].

Избыток магния оказывает в основном слабительный эффект (особенно сульфат магния). При снижении концентрации магния в крови, наблюдаются симптомы возбуждения нервной системы вплоть до судорог. Уменьшение магния в организме приводит к увеличению содержания кальция.

1.3.3. Фосфор (P)

Главным «депо» органических фосфорных соединений являются мышечная и костная ткани. Суточная потребность для взрослого человека составляет 0,8–1,2 г.

Фосфор активно влияет на нормальный рост ребёнка и развитие костной, мышечной и мозговой ткани, а также принимает участие в процессе обмена белка и жира. Для нормальной жизнедеятельности человеческого организма очень важен фосфорно-кальциевый обмен, нарушения которого приводят к рахиту, раннему кариесу, повышенной ломкости костей и различным расстройствам со стороны центральной нервной системы. Фосфор содержится в яичном желтке, мясе, рыбе, сыре, овсяной и гречневой крупах, а также в бобовых.

Фосфор в виде своих соединений играет важнейшую роль во всех процессах организма: фосфорная кислота участвует в построении многочисленных ферментов (фосфатаз) – главных двигателей химических реакций клеток. Из фосфорнокислых солей состоит ткань нашего скелета.

Избыток фосфора производит острое отравление: сильная боль в желудочно-кишечном тракте, рвота, иногда через несколько часов наступает смерть. Хроническое отравление выражается расстройством обмена веществ в организме и в костной ткани в частности. При недостатке фосфора отмечаются рахит, пародонтоз. При избыточном поступлении фосфора может снижаться уровень марганца, а также повышаться уровень выведения кальция, что создает риск возникновения остеопороза.

1.3.4. Калий (К)

Общее содержание калия в организме человека составляет примерно 250г. Суточная потребность в калии составляет 1,5–2 г.

Калий – один из электролитов в организме. Большая его часть находится внутри клеток, обеспечивая их функционирование. Кроме того, вещество играет немаловажную роль для формирования и работы нервных и мышечных тканей.

Его для человеческого организма огромна. Вещество отвечает за регуляцию кислотно-щелочного баланса; нормализацию сердечного ритма; четкость мышления; снабжение клеток головного мозга кислородом; выведение шлаков из организма; укрепление и поддержание оптимальной работы иммунитета; снижение и регуляцию артериального давления.

Калий снижает интенсивность аллергических реакций. Также он принимает активное участие в регулировке количества воды в клетках. Он принимает участие в передаче нервных импульсов через нейроны и поддерживает здоровое функционирование почек [26].

Калию свойственна способность разрыхлять клеточные оболочки, делая их более проницаемыми для прохождения солей. Основными проявлениями недостатка калия являются замедление роста организма и нарушение половых функций.

Недостаток калия вызывает мышечные судороги, перебои в работе сердца. При применении внутрь даже больших доз калия, его токсическое действие не проявляется за исключением случаев почечной недостаточности. Избыток калия может привести к дефициту кальция. Лучшими натуральными источниками калия являются цитрусовые, томаты, все зеленые овощи с листьями, листья мяты, семечки подсолнуха, бананы, картофель. Калий поступает в организм ребенка в основном с картофелем, капустой, морковью, зеленью, бобовыми, изюмом и черносливом, а натрий – главным образом с поваренной солью и частично с продуктами животного происхождения [27].

1.3.5. Натрий (Na)

Калий и натрий были открыты вместе и оба важны для нормального роста и состояния организма. Они являются антагонистами, т.е. повышение содержания натрия приводит к уменьшению содержания калия. Нормы суточного потребления не существует, однако считается, что потребность взрослого человека составляет около 0,5 г хлорида натрия (поваренной соли) в сутки [47].

Натрий в первую очередь нужен для нормального функционирования нервно-мышечной системы. При дефиците натрия происходит нарушение усвоения углеводов, возможны невралгии, отчасти понижение давления. Повышенное содержание натрия в волосах отражает, как правило, нарушение водно-солевого обмена, дисфункцию коры надпочечников. Может встречаться при избыточном потреблении поваренной соли, сахарном диабете, нарушении выделительной функции почек, склонности к гипертонии, отёкам, неврозах. Люди, особенно дети, с избытком натрия часто легковозбудимы, впечатлительны, гиперактивны, у них может быть повышена жажда, потливость. Иногда возможно накопление натрия в волосах при длительном контакте с морской водой и отдельными видами моющих средств.

Пониженное содержание натрия в волосах у взрослых обычно встречается при нейроэндокринных нарушениях, хронических заболеваниях почек и кишечника и как следствие черепно-мозговых травм [28].

1.4. Характеристика изучаемых микроэлементов

1.4.1. Цинк (Zn)

Отложение цинка в печени доходит до 500–600 мг/1 кг веса; кроме того, цинк отлагается преимущественно в мышцах и костной системе. Суточная потребность человека в цинке составляет 12–16 мг для взрослых и 4–6 мг для

детей. Наиболее богаты цинком дрожжи, пшеничные, рисовые и ржаные отруби, зёрна злаков и бобовых, какао, морепродукты. Наибольшее количество цинка содержат грибы – в них содержится 130–202,3 мг на 1 кг сухого вещества. В луке – 100,0 мг, в картофеле – 11,3 мг, в коровьем молоке – примерно 3 мг/1 литр.

Цинк оказывает влияние на активность половых и гонадотропных гормонов гипофиза. Цинк также увеличивает активность ферментов: фосфатаз кишечной и костной, катализирующих гидролиз. Тесная связь цинка с гормонами и ферментами объясняет его влияние на углеводный, жировой и белковый обмен веществ, на окислительно-восстановительные процессы, на синтетическую способность печени. Считается, что цинк обладает липотропным эффектом, т.е. способствует повышению интенсивности распада жиров, что проявляется уменьшением содержания жира в печени.

При цинковом отравлении наступает фиброзное перерождение поджелудочной железы. Избыток цинка задерживает рост и нарушает минерализацию костей. При дефиците цинка наблюдается задержка роста, перевозбуждение нервной системы и быстрое утомление. Поражение кожи происходит с утолщением эпидермиса, отёком кожи, слизистых оболочек рта и пищевода, ослаблением и выпадением волос. Недостаточность цинка также приводит к бесплодию. Дефицит цинка может приводить к усиленному накоплению железа, меди, кадмия, свинца. Избыток приводит к дефициту железа, меди, кадмия.

1.4.2. Медь (Cu)

Общее содержание меди в организме человека составляет примерно 100–150 мг. В печени взрослых людей содержится в среднем 35 мг меди на 1 кг сухого веса. Поэтому печень можно рассматривать как «депо» меди в организме. В печени плода содержится в десятки раз больше меди, чем в печени взрослых [46].

Потребность в меди у взрослого человека составляет 2 мг в день. Медь необходима для процессов образования гемоглобина и в этом смысле не подлежит замене другими элементами. Медь также участвует в процессах роста и размножения. Участвует в процессах пигментации, так как входит в состав меланина [48].

При недостатке меди в организме наблюдаются: задержка роста, анемия, дерматозы, депигментация волос, частичное облысение, потеря аппетита, сильное исхудание, понижение уровня гемоглобина, атрофия сердечной мышцы. Избыток меди приводит к дефициту цинка и молибдена, а также марганца [49].

1.4.3. Железо (Fe)

Общее содержание железа в организме человека составляет около 4,25 г. Из этого количества 57% находится в гемоглобине крови, 23% – в тканях и тканевых ферментах, а остальные 20% – в печени, селезенке, костном мозге и представляют собой «физиологический резерв» железа.

Средний пищевой рацион человека должен содержать не менее 20 мг железа, для беременных – 30 мг.

Железо играет важную роль в питании клеток и тканей, снабжая их кислородом. Оно активно участвует в процессах кроветворения, являясь составной частью гемоглобина, и окислительно-восстановительных процессах, которые особенно интенсивно протекают в растущем детском организме. Этот микроэлемент является основным компонентом в синтезе ряда железосодержащих тканевых ферментов.

Не всякое железо, поступающее в организм с пищей, одинаково хорошо усваивается. На степень этого влияет вид соединения, в составе которого оно находится: органическое или неорганическое. Быстрее и в более полном объеме усваивается железо, содержащееся в продуктах животного происхождения. Более того, всасывание этого минерала зависит от сопутствующих элементов. Так, в случае сочетания железа с аскорбиновой кислотой, белками и некоторыми аминокислотами, процесс происходит быстрее. Благоприятно сказывается на всасывании железа и сочетание продуктов животного и растительного происхождения [50].

Железом особенно богаты субпродукты (печень, язык), мясо, яичный желток и рыба. Достаточно высоко его содержание в овсяной, перловой и гречневой крупах, а также в зеленом луке, петрушке, салате и фруктах.

Важно помнить, что в течение месяца женщины теряют железа почти вдвое больше, чем мужчины. Железо является жизненно необходимым элементом для организма. Оно входит не только в состав гемоглобина, но также и в состав протоплазмы всех клеток. Железо также входит в состав цитохромов (сложные белки, относящиеся к классу хромопротеидов), участвующих в процессах тканевого дыхания. В больших количествах содержится: в свиной печени, говяжьих почках, сердце и печени, непросеянной муке, сырых моллюсках, сушеных персиках, яичных желтках, устрицах, орехах, бобах, спарже, овсяном толокне.

Явления отравления железом выражаются рвотой, диареей (иногда с кровью), падением артериального давления (АД), параличом центральной нервной системы (ЦНС) и воспалением почек. При лечении железом могут развиваться запоры, так как железо связывает сероводород, что ослабляет моторику кишечника. При недостатке железа в организме развивается железодефицитная анемия (малокровие). Избыток железа в организме может

привести к дефициту меди, цинка, хрома и кальция, а также к избытку кобальта [13].

1.4.4. Селен (Se)

Селен в чистом виде встречается в природе редко, главным образом в виде примеси к сернистым металлам. Роль селена в организме еще мало изучена. Тем не менее, считается, что его присутствие в организме оказывает антиоксидантное действие, замедляя старение. Кроме того, селен помогает поддерживать юношескую эластичность в тканях, способствует устранению и появлению перхоти.

Суточные нормы составляют: 50 мкг – для женщин, 70 мкг – для мужчин, 65 мкг – для беременных и 75 мкг – для кормящих грудью.

Селен хорошо сочетается с витамином Е. Содержится в морепродуктах, почках, печени, пшеничных зародышах, отрубях, луке, помидорах, капусте брокколи.

В больших количествах соединения селена приводят к двум формам поражения – к гепато-холециистопатии (увеличение печени до 3-х см и боли в правом подреберье) и к изменениям, проявляющимся главным образом в нервно-мышечном аппарате (боли в конечностях, судороги, чувство онемения) [43].

При дефиците селена в организме усиленно накапливаются мышьяк и кадмий, которые, в свою очередь, усугубляют дефицит селена. В свою очередь селен защищает организм от тяжёлых металлов, а избыток может привести к дефициту кальция [51].

1.4.5. Алюминий (Al)

Алюминий – самый распространенный в природе металл, проявляющий токсичность в отношении многих органов при его избыточном накоплении в организме. Алюминий в норме присутствует в организме человека в количестве около 30–50 мг. Наибольшая его концентрация (60 %) обнаруживается в костной ткани, 25 % – в легочной паренхиме, а на долю печени и головного мозга приходится 1–3 %. С возрастом концентрация алюминия увеличивается [44].

Элемент содержится в различных видах практически по всей системе организма, а также способен скапливаться в мозге, почках, легких, опорно-двигательной системе, печени и нервных структурах. Но особые функции вещество выполняет при строении или регенерации тканей эпителия и плотной соединительной. Биологическая роль алюминия в человеческом организме немаловажна, так как оказывает активное воздействие на пищеварительный тракт: способствует процессам желез эндокринной системы; регулирует

активность ферментов пищеварения; принимает участие в формировании соединений белков и фосфатов; содействует восстановлению клеток; во время переваривания пищевых веществ повышает действенность пищеварительного сока. Положительное физиологическое действие на живое тело алюминий может принести тем людям, которые страдают язвенными заболеваниями, гастритом, остеопорозом или восстанавливаются после переломов [45].

Главными источниками поступления алюминия в организм обычного человека являются пищевые продукты и вода. Наибольшее количество алюминия находится в какао, чае, травах и специях. В сутки взрослая женщина потребляет около 7,2 мг алюминия, взрослый мужчина – 8,6 мг. Всасывание алюминия усилено при пониженном значении pH желудка (гиперацидный гастрит) и при наличии железодефицитной анемии. Так как абсорбция алюминия из желудочно-кишечного тракта взрослого составляет всего 0,1–0,3 %, пищевая интоксикация практически не встречается. Чаще отравление алюминием возникает при его ингаляции или парентеральном введении.

Различают острую и хроническую интоксикацию алюминием. Острая интоксикация наиболее часто возникает при ингаляции пыли оксидов алюминия на производстве и проявляется в виде так называемой металлической лихорадки (лихорадка, кашель, боль в горле, ощущение заложенности носа, одышка, слабость, миалгия). Хроническая интоксикация также чаще обусловлена длительным профессиональным контактом с соединениями алюминия. Этот металл широко применяется для изготовления стекла, бумаги, искусственной кожи, фарфора и пиротехники.

Алюминий оказывает токсическое воздействие на легкие (фиброзирующий альвеолит), желудочно-кишечный тракт (гастроэнтерит вплоть до образования язв), костно-мышечную систему (остеомалация, миалгия, мышечная слабость), печень и почки (дегенеративные изменения) и головной мозг (поведенческие расстройства, в том числе "диализная деменция", вероятная ассоциация с ранним развитием болезни Альцгеймера) [29].

1.4.6. Марганец (Mn)

Марганец находится во всех органах и тканях. Наиболее богаты марганцем трубчатые кости и печень (на 100 г свежего вещества в трубчатых костях марганца содержится 0,3 мг, в печени – 0,170–0,205 мг). Для детского организма необходимо в сутки 0,2–0,3 мг марганца на 1 кг веса тела, для взрослого 0,1 мг.

Наряду с печенью, важная роль в накоплении марганца принадлежит поджелудочной железе. Марганец важен для репродуктивных функций и нормальной работы центральной нервной системы [52]. Марганец помогает устранить половое бессилие, улучшить мышечные рефлексы, предотвратить

остеопороз, улучшить память и уменьшить нервную раздражительность. Особенно богаты марганцем чай, растительные соки, цельные злаковые, орехи, зеленые овощи с листьями, горох, свекла. Отравление марганцем дают следующие симптомы: сильная утомляемость, слабость, сонливость, тупые головные боли в лобно-височных областях, тянущие боли в пояснице, конечностях, боли в правом подреберье, в подложечной области, понижение аппетита, медлительность движений, расстройство походки, парестезии, расстройство мочеиспускания, половая слабость, бессонница, подавленное настроение, слезливость. Сильная скованность движений, больные утрачивают способность широко шагать. При недостатке марганца нарушаются процессы окостенения во всем скелете, трубчатые кости утолщаются и укорачиваются, суставы деформируются. Нарушается репродуктивная функция яичников и яичек. Избыток марганца усиливает дефицит магния и меди [30].

ГЛАВА 2 МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

2.1. Объект исследования

Изучение и оценка маркеров биоэлементного статуса (содержание макро- и микроэлементов) проведены у 146 практически здоровых взрослых жителей г. Минска и Минского региона и у лиц с избыточной массой тела г. Гродно и Гродненской области.

В соответствии с поставленными в настоящем исследовании задачами использованы следующие критерии отбора лиц для обследования:

а) *Возраст*. Оценка нутриционного статуса населения в принципе должна охватывать все возрастные группы. Однако в связи с главным условием – обследование здоровых лиц – не представилось возможным включить в группу наблюдения взрослых старше 60 лет из-за наличия у них отклонений в состоянии здоровья. Наблюдаемая возрастная группа включает мужчин и женщин в возрасте 18–60 лет:

мужчины 18–39 лет – $n=20$;

40–60 лет – $n=22$;

женщины 18–39 лет – $n=52$;

40–60 лет – $n=52$.

б) *Клинические данные*. Все обследованные не имели отклонений в состоянии здоровья со стороны основных систем жизнеобеспечения и обладали адаптационными резервами, которые могут обеспечить обычные условия существования (здоровые люди, питающиеся обычной полноценной пищей). Исключены наследственные заболевания и метаболическая патология. Имеющие место отклонения в состоянии здоровья выявлены в виде синдрома артериальной гипертензии (11%) и хронического гастродуоденита в периоде ремиссии (13%).

в) *Соматометрические показатели*. Для оценки статуса питания использован индекс массы тела (ИМТ), величина которого, согласно классификации Всемирной организации здравоохранения, соответствовала нормальному питанию и находилась у обследованных в диапазоне 18,52–24,91 в случае с нормальным питанием и в диапазоне 25–30 в возрасте 18–30 лет. Контрольная группа с ИМТ=18–24,9 была аналогична по численности и составу.

ж) *Дополнительные критерии*. Все обследованные проживают в домашних условиях (исключены лица, находящиеся в командировках, в организованных коллективах – профилакториях, организациях социальной защиты) и не имеют вредных привычек.

2.2. Характеристика биологических сред

Биохимические маркеры, характеризующие статус питания определяли в следующих биологических средах:

- сыворотка крови;
- утренняя порционная моча с расчетом показателей, исходя из концентрации исследуемых в моче веществ (мкмоль/л) по отношению к концентрации креатинина в моче (мкмоль/л). Концентрация креатинина является постоянной величиной, которая определяется клубочковой фильтрацией, массой тела и возрастом;
- волосы: прядь длиной до 5 см непосредственно от корней волос с затылочной области или (в случае коротких волос) столовая ложка.

2.3. Методы исследования

Отбор проб волос для определения химических элементов методам атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой проводили в соответствии с методическими требованиями [31].

Биоэлементный состав волос определяли посредством РФА на приборе типа СЕР-01 или ElvaX с программным обеспечением «Elvatech MCA Software» и «МК-РЕ-06» с использованием методик МВИ. МН. 3730–2011 «Определение массовой доли химических элементов в биопробах (волосах) рентгенофлуоресцентным методом на приборе СЕР-01» и МВИ.МН.3272–2009 «Определение массовой доли химических элементов в пробах животного и растительного происхождения рентгенофлуоресцентным методом на приборе СЕР-01», разработанных авторами.

Для сопоставления полученных результатов применяли референтные значения концентраций химических элементов в волосах (величины 25–75 перцентильных интервалов для группы населения 18–65 лет), предложенные А.В. Скальным (2003), и данные исследования элементного статуса контрольных групп. Анкетирование участников из групп наблюдения проводили по инструкции Министерства здравоохранения Республики Беларусь №001–0215 «Методы оценки фактического питания и пищевого статуса взрослых» [23].

Полученные результаты были обработаны методами математической статистики – проведен корреляционно-регрессионный анализ [24–26], который включал:

- вычисление мер центральной тенденции (среднее, медиана, мода), показывающих, в какой области значений параметра группируются данные;

- определение мер дисперсии (стандартное отклонение, размах, квартильный размах), показывающих распределение данных по области значений;
- расчет 95% доверительного интервала, позволяющего показать точность оценки среднего.

Биоэлементный статус организма с определением биоэлементов в сыворотке крови, моче и волосах [27] представляет интерес с точки зрения изучения информативности и взаимосвязи между содержанием химических элементов (ХЭ) в указанных биосубстратах. Определение Ca, Mg, P, K, Na, Zn, Cu, Fe, Se, Al, Mn в соответствующих биологических средах и методы исследования представлены в таблице 2.3.1.

Таблица 2.3.1 – Спектр изучаемых химических элементов и методы исследования

Биологическая среда	Химический элемент	Метод исследования
Сыворотка крови	Ca, Mg, Fe, P, K, Na	Колориметрический, спектрофотометрический методы (анализатор биохимический полуавтоматический «Clima MC-15» (Испания, 2010 г.))
Моча	Ca, Mg, P, K, Na, Cl	Колориметрический, спектрофотометрический метод (анализатор биохимический полуавтоматический «Clima MC-15» (Испания, 2010 г.))
Волосы	Ca, Mg, P, K, Na, Zn, Cu, Fe, Se, Al, Mn	Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (Vista PRO, «Varian», США; Ultima 2, Horiba Jobin Ivon, Франция))

Для подготовки пробы волос к измерениям проводилась их минерализация с использованием системы микроволновой пробоподготовки MARS-5 (CEM, USA). Условия минерализации (температура, давление, время и др.) подобраны на основании стандартных методик фирмы-производителя.

2.4. Референтные показатели

Оценку полученных данных проводили в сопоставлении с общепринятыми референтными значениями ХЭ [27, 28, 29], изложенных в таблице 2.4.1

Таблица 2.4.1 – Референтные показатели химических элементов в биологических средах

Показатель	Референтные значения	Единицы СИ	Биосубстрат
------------	----------------------	------------	-------------

Продолжение таблицы 2.4.1

Ca	2,1–2,6	ммоль/л	сыворотка крови
	м 0,04–0,52 ж 0,06–0,50	ммоль/ммоль креатинина	моча
	м 400–800 ж 550–1700	мкг/г	волосы
Mg	0,8–1,0	ммоль/л	сыворотка крови
	м 0,02–0,58 ж 0,05–0,55	ммоль/ммоль креатинина	моча
	м 25–65 ж 35–130	мкг/г	волосы
P	0,87–1,45	ммоль/л	сыворотка крови
	м 0,22–4,02 ж 0,37–3,46	ммоль/ммоль креатинина	моча
	83–165	мкг/г	волосы
K	м 0,61–10,62 ж 1,94–10,68	ммоль/ммоль креатинина	моча
	50–660	мкг/г	волосы
	3,6–5,5	ммоль/л	сыворотка крови
Na	м 3,1–37,43 ж 5,4–47,19	ммоль/ммоль креатинина	моча
	75–560	мкг/г	волосы
	135,0–150,0	ммоль/л	сыворотка крови
Zn	124–320	мкг/г	волосы
Cu	8–15	мкг/г	волосы
	10–25	мкг/г	волосы
Fe	0,51–5	мкг/г	волосы
	м 11–28 ж 8–26	мкмоль/л	сыворотка крови
Se	0,2–2,0	мкг/г	волосы
Al	1–10	мкг/г	волосы
Mn	0,1–1,0	мкг/г	волосы

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием пакета для анализа статистических и математических данных Statistica 10.0. Для получения надежной оценки соответствия распределения изучаемого признака закону нормального распределения использован метод проверки статистических гипотез на основании критерия Колмогорова-Смирнова. Анализ показателей, имеющих правильное распределение, выполнен с использованием средней, стандартного отклонения, ошибки средней. Оценка данных, для которых характерно распределение в соответствии с законом Пуассона, выполнена по показателям медианы и межквартильного интервала. При сравнении групп по количественному признаку для оценки статистической

значимости использован t-критерий; в случае выборки, не подчиняющейся нормальному закону распределения – тест Манна-Уитни. Во всех случаях различия между выборками оценивались как достоверные при $p < 0,05$ [32].

2.5. Принцип спектрофотометрического метода исследования

Спектрофотометрия – метод исследования и анализа веществ, основанный на измерении спектров поглощения в оптической области электромагнитного излучения. Иногда под спектрофотометрией понимают раздел физики, объединяющий спектроскопию (как науку о спектрах электромагнитного излучения), фотометрию и спектрометрию (как теорию и практику измерения соотв. интенсивности и длины волны (или частоты) электромагнитного излучения); на практике спектрофотометрию часто отождествляют с оптической спектроскопией [53].

Применение спектрофотометрии в УФ и видимой областях спектра основано на поглощении электромагнитного излучения соединениями, содержащими хромофорные (например, $C = C$, $C = S$, $C = O$) и ауксохромные (OCH_3 , OH , NH_2 и др.) группы. Поглощение излучения в этих областях связано с возбуждением электронов s-, p- и n-орбиталей основного состояния и переходами молекул в возбужденные состояния: $s : s^*$, $n : s^*$, $p : p^*$ и $n : p^*$. Переходы $s : s^*$ находятся в далекой УФ области, напр. у парафинов при ~ 120 нм. Переходы $n : s^*$ наблюдаются в УФ области; например, органические соединения, содержащие n-электроны, локализованные на орбиталях атомов O, N, Hal, S, имеют полосы поглощения при длине волны около 200 нм. Линии, соответствующие переходам $p : p^*$, например, в спектрах гетероциклических соединений проявляются в области 250–300 нм и имеют большую интенсивность. Полосы поглощения, соответствующие переходам $n : p^*$, находятся в ближней УФ и видимой областях спектра; они характерны для соедин., в молекулах к-рых имеются такие хромофорные группы, как $C = O$, $C = S$, $N = N$. Так, насыщенные альдегиды и кетоны имеют максимумы поглощения при длине волны 285 нм. Переходы типа $n : p^*$ часто оказываются запрещёнными, и соответствующие полосы поглощения обладают очень малой интенсивностью [54].

Переходы типа $p : p^*$ могут сопровождаться переходом электрона с орбитали, локализованной главным образом на одной группе ($C = C$), на орбиталь, локализованную на другой группе ($C = O$). Такие переходы сопровождаются переносом электрона с одного атома на другой и соответствующие спектры называются спектрами с переносом заряда.

Последние характерны для различных комплексов (к примеру, ароматических соединений с галогенами), интенсивно поглощающих в видимой и УФ областях.

Таким образом, спектр поглощения объекта зависит от его молекулярного состава, что дает широкие возможности для качественного и количественного определения различных веществ.

Закон Бугера-Ламберта-Бера – основной закон, описывающий поглощение света средой. Он связывает между собой интенсивности I_l света, прошедшего слой среды толщиной l , и исходного светового потока I_0 .

$$I_l = I_0 e^{-k\lambda l} \quad (2.1)$$

где $k\lambda$ – показатель поглощения вещества.

Для растворов поглощающих веществ в непоглощающих растворителях показатель поглощения может быть записан как

$$K\lambda = X\lambda \cdot C \quad (2.2)$$

где $X\lambda$ – коэффициент, характеризующий взаимодействие молекулы поглощающего вещества со светом длины волны

λ , C – концентрация растворённого вещества.

Следует отметить, что наблюдаются многочисленные отклонения от этого закона, особенно в случае больших концентраций. Так в случаях высокой концентрации поглощающего вещества в растворе или его неравномерного распределения по объему может наблюдаться так называемый «эффект сита», когда одна часть поглощающих частиц начинает экранировать другие. Также отклонения от закона Бугера могут наблюдаться в случае световых потоков очень высокой интенсивности. Это связано с тем, что очень большая доля поглощающих частиц, перейдя в возбуждённое состояние и оставаясь в нём сравнительно долго, меняет (или совсем теряет) способность поглощать свет, что, разумеется, заметно изменяет характер поглощения света средой [33].

2.6. Принцип атомно-эмиссионной спектроскопии

Атомно-эмиссионная спектроскопия (спектроскопия), АЭС или атомно-эмиссионный спектральный анализ – совокупность методов элементного анализа, основанных на изучении спектров испускания свободных атомов и ионов в газовой фазе. Обычно эмиссионные спектры регистрируют в наиболее удобной оптической области длин волн от ~200 до ~1000 нм. (Для регистрации спектров в области <200 нм требуется применение вакуумной спектроскопии, чтобы избавиться от поглощения коротковолнового излучения воздухом. Для

регистрации спектров в области >1000 нм требуются специальные инфракрасные или микроволновые детекторы.)

АЭС – способ определения элементного состава вещества по оптическим линейчатым спектрам излучения атомов и ионов анализируемой пробы, возбуждаемым в источниках света. В качестве источников света для атомно-эмиссионного анализа используют пламя горелки или различные виды плазмы, включая плазму электрической искры или дуги, плазму лазерной искры, индуктивно-связанную плазму, тлеющий разряд и др.

АЭС – самый распространённый экспрессный высокочувствительный метод идентификации и количественного определения элементов примесей в газообразных, жидких и твердых веществах, в том числе и в высокочистых. Он широко применяется в различных областях науки и техники для контроля промышленного производства, поисках и переработке полезных ископаемых, в биологических, медицинских и экологических исследованиях и т.д. Важным достоинством АЭС по сравнению с другими оптическими спектральными, а также многими химическими и физико-химическими методами анализа, являются возможности бесконтактного, экспрессного, одновременного количественного определения большого числа элементов в широком интервале концентраций с приемлемой точностью при использовании малой массы пробы.

Процесс атомно-эмиссионного спектрального анализа состоит из следующих основных звеньев:

1. Пробоподготовка (подготовка образца);
2. Испарение анализируемой пробы (если она не газообразная);
3. Диссоциация – атомизация её молекул;
4. Возбуждение излучения атомов и ионов элементов пробы;
5. Разложение возбужденного излучения в спектр;
6. Регистрация спектра;
7. Идентификация спектральных линий – с целью установления элементного состава пробы (качественный анализ);
8. Измерение интенсивности аналитических линий элементов пробы, подлежащих количественному определению;
9. Нахождение количественного содержания элементов с помощью установленных предварительно градуировочных зависимостей [34].

ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Характеристика показателей биоэлементного статуса обследованных

Для изучения биоэлементного статуса организма человека необходимо иметь представление о том, в какой ткани и в какой форме изучаемый элемент находится в максимальном количестве, т.к. депонирование химических эссенциальных элементов тесно связано с их биохимическими функциями [9, 30]. Изменения баланса химических (ХЭ) в организме человека отражаются на элементном составе внутренних органов и тканей, которые являются информативными биосредами, используемыми в клинической диагностике. Однако, несмотря на высокую информативность биоптатов внутренних органов, их применение в массовых обследованиях невозможно по этическим, техническим и другим причинам.

ХЭ, помимо органов и тканей, аккумулируются в более доступных для исследования биосубстратах: клетках крови, моче, волосах и ногтях. В медицинской практике использование крови для анализа является общепризнанным. Однако уровень микроэлементов (МЭ) в крови отражает обеспеченность пищевыми веществами в настоящее время и может не отражать привычное обычное состояние питания в прошлом. Нормальная концентрация пищевых веществ в плазме крови сохраняется даже при значительном обеднении депо в органах и тканях за счет влияния гомеостатических регулирующих механизмов.

Для изучения баланса ХЭ наиболее информативным является спектрометрическое исследование волос в качестве характеристики долгосрочного питания [9], так как волосы являются одной из самых устойчивых к действию случайных факторов внешней среды структур не только кожного покрова, но и всего организма, уступая в этом только зубам [32].

Содержание МЭ в волосах отражает ретроспективно их потребление в прошлом, соизмеримое со скоростью роста и длиной волос. Выбор субстрата для исследования, в первую очередь, должны определять биологическая роль ХЭ (жизненно необходимый или токсичный) и его метаболизм в организме человека. Если взять группу микроэлементов токсического действия, то их уровень в крови, ввиду чужеродности для организма, случаен и жесткой регуляции не подлежит. В то же время содержание в крови, например, жизненно необходимого Са (или Mg, P, K, Na) не может быть использовано в качестве индикатора его общего количества в организме. Уровень этих макроэлементов в сыворотке крови является константой и находится под жестким влиянием

систем, регулирующих гомеостаз организма и обеспечивающих стабильность химического состава крови и ее выраженные буферные свойства.

Таким образом, при оценке общего уровня обеспеченности организма человека макро- и микроэлементами большая информативность исследования волос по сравнению с использованием других биосубстратов (кровь, моча) определяется следующим:

- уровень этих ХЭ в волосах не подвергается суточным колебаниям, связанным с текущим поступлением МЭ с пищей, что наблюдается в крови и моче;
- содержание ХЭ в волосах отражает ретроспективно их потребление в прошлом, соизмеримое со скоростью роста и длиной волос, что позволяет дать характеристику общего элементного статуса организма, формирующегося в течение значительного временного промежутка (месяцы, годы);
- МЭ концентрируются в волосах, что обеспечивает большую надежность исследования их следовых количеств в организме;
- содержание МЭ в волосах не изменяется при длительном хранении;
- между концентрацией МЭ в волосах и содержанием в сыворотке крови имеет место прямая взаимосвязь.

Использование волос по сравнению с другими биосредами более достоверно позволит оценить:

- уровень общей обеспеченности организма человека эссенциальными ХЭ;
- степень нагрузки токсичными металлами;
- половые различия элементного баланса макро - и микроэлементов Ca, Mg, K, Na, Cu, Fe;
- характер метаболических связей биоэлементов по коэффициенту соотношений элементов-синергистов и элементов-антагонистов: Ca/P, Ca/K, Ca/Al, Mg/Al, Ca/Pb, Zn/Cd, Fe/Cu и др. [9, 32, 33].
- наличие категорий обследованных с микроэлементозами дефицита и токсическими гипермикроэлементозами для формирования клинических групп риска (состояние предболезни) и выделения больных.

3.2. Анализ биоэлементного статуса взрослого населения Минского региона по данным спектрометрии волос

В соответствии с поставленной целью - изучение степени обеспеченности населения ХЭ – в основу исследований были положены результаты спектрометрии волос, химический состав которых, коррелирует с элементным профилем внутренней среды человека.

Обеспеченность жителей г. Минска эссенциальными макроэлементами Ca, Mg, P, K, Na и микроэлементами Zn, Cu, Fe, Se, Mn, Sr, Co, Cr по уровню их депонирования в волосах представлена в таблице 3.2.1. Результаты рассматривались, исходя из показателей медианы, межквартильного интервала МЭ (25-ый и 75-ый процентиля) и относительной распространенности микроэлементного дефицита (процент лиц, имеющих значения ХЭ менее нижнего биологически допустимого уровня).

Таблица 3.2.1 – Уровень обеспеченности (А, мкг/г) и относительная распространенность дефицита (R, %) макроэлементов (Ca, Mg, P, K, Na) и микроэлементов (Zn, Cu, Fe, Se, Mn, Al) у жителей г. Минска и региона в возрасте 18–60 лет по данным элементного спектра волос

ХЭ	М			Ж		
	А		R	А		R
	Медиана	Межквартильный интервал	%	Медиана	Межквартильный интервал	%
Ca	594,4*	460,8–966,2	8,7	1522,0*	1238,7–1755,9	2,5
Mg	72,5*	57,44–101,6	0,0	123,1*	100,2–153,7	2,5
P	133,9	115,6–160,1	5,3	121,1	102,0–154,2	6,9
K	421,9*	208,8–454,2	4,3	178,6*	116,0–301,2	7,9
Na	536,4*	326,3–599,7	2,0	270,2*	170,9–449,1	1,6
Se	0,225	0,161–0,511	72,2	0,423	0,208–1,214	53,8
Zn	171,0	148,8–211,8	15,0	202,3	180,3–212,4	15,9
Cu	12,3	10,5–15,0	9,0	12,6	10,9–14,3	1,0
Fe	29,1	19,0–35,6	0,0	26,2	20,1–29,8	0,0
Mn	0,9	0,6–1,3	0,0	1,1	0,8–1,6	0,0
Al	16,5	10,1–42,3	-	15,0	9,0–38,6	-

Примечание: *- достоверность различий $p < 0,01$

Анализ микроэлементных показателей проводился с учетом зависимости элементного спектра волос от принадлежности к полу. У женщин по сравнению с мужчинами достоверно ($p < 0,01$) преобладают макроэлементы Ca и Mg при более низком накоплении K и Na, что обусловлено физиологическими особенностями их обмена и подтверждено данными литературы [9, 10, 22, 30]. Фосфор P к гендерзависимым элементам не относится и его содержание у лиц обоего пола статистически не различается.

В соответствии со значениями медианы, которая для большинства исследуемых ХЭ находится в диапазоне референтных значений, полученные свидетельства в целом о достаточном уровне обеспеченности практическими всеми основными жизненно необходимыми биоэлементами. Исключение

составляют Se, медиана которого ниже минимального референтного показателя, особенно у мужчин (0,225 против 0,423 мкг/г в женской группе).

Представленный в элементарной диаграмме волос Al занимает особое место как металл с выраженным токсическим действием. При колебаниях среднего биологически допустимого уровня этого металла в волосах в диапазоне 1-10 мкг/г медиана содержания его у взрослых мужчин составила 16,5 мкг/г (максимальное значение – 75,8 мкг/г), у женщин – 15,0 мкг/г (наибольший показатель – 55,4 мкг/г). Содержание Al на уровне «обеспокоенности» (10,1–19,9 мкг/г) имеет 28% обследованных. У 18% зарегистрировано превышение критического уровня (≥ 20 мкг/г) этого токсичного металла.

Анализ содержания Al в волосах обследуемых лиц однозначно свидетельствует об увеличенном его содержании в организме и высокой информативности биоиндикатора при оценке уровня депонирования в организме металла. Al в небольших количествах необходим для организма. Его физиологическая роль многогранна: он участвует в образовании белковых и фосфатных комплексов, в процессах регенерации костной, соединительной и эпителиальной ткани; оказывает тормозящее или активирующее (в зависимости от концентрации) действие на пищеварительные ферменты. В то же время Al относят к потенциально токсичным элементам [34]. При повышенном поступлении в организм он, легко образуя соединения с белками, накапливается в органах-мишенях (костной ткани, почках, центральной нервной системе, яичниках, молочных железах), что представляет серьезную опасность для здоровья. Обладая остеотропным действием, этот металл, в частности, может привести к заболеваниям опорно-двигательного аппарата [35].

3.3. Оценка баланса биоэлементов в организме человека по данным их содержания в сыворотке крови и моче

В результате исследования содержания Ca, Mg и P в сыворотке крови (таблица 3.3.1) и моче (таблица 3.3.2) выполнена сравнительная оценка элементного состава этих биосубстратов с целью определения возможностей их использования для изучения степени обеспеченности человека биоэлементами.

Таблица 3.3.1 – Содержание Ca, Mg, P в сыворотке крови в зависимости от пола и возраста

Пол	Возраст	Mg	P	Ca
Ж	18–39	0,99±0,06	1,26±0,21	2,17±0,18

Продолжение таблицы 3.3.1

	40–60	0,98±0,07	1,22±0,18	2,16±0,15
М	18–39	1,03±0,05	1,34±0,16	2,19±0,13
	40–60	0,98±0,06	1,29±0,16	2,13±0,12

Таблица 3.3.2 – Содержание Ca, Mg, P в утренней порции мочи в зависимости от пола и возраста

Пол	Возраст	Mg	P	Ca
Ж	18–39	0,35±0,15	1,87±0,78	0,24±0,09
	40–60	0,49±0,26	2,11±0,82	0,32±0,10
М	18–39	0,39±0,20	2,12±1,4	0,30±0,20
	40–60	0,47±0,33	1,82±1,32	0,25±0,18

Согласно представленным данным, уровни Ca, Mg, P во всех сравниваемых группах, соответствуют норме. При этом выявлен выраженный дефицит Fe в сыворотке крови у женщин молодого возраста, в группе женщин зрелого возраста уровень железа находился на нижней границе нормы. Распределение обследованных лиц с дефицитом железа в возрастно-половом аспекте представлено на рисунке.

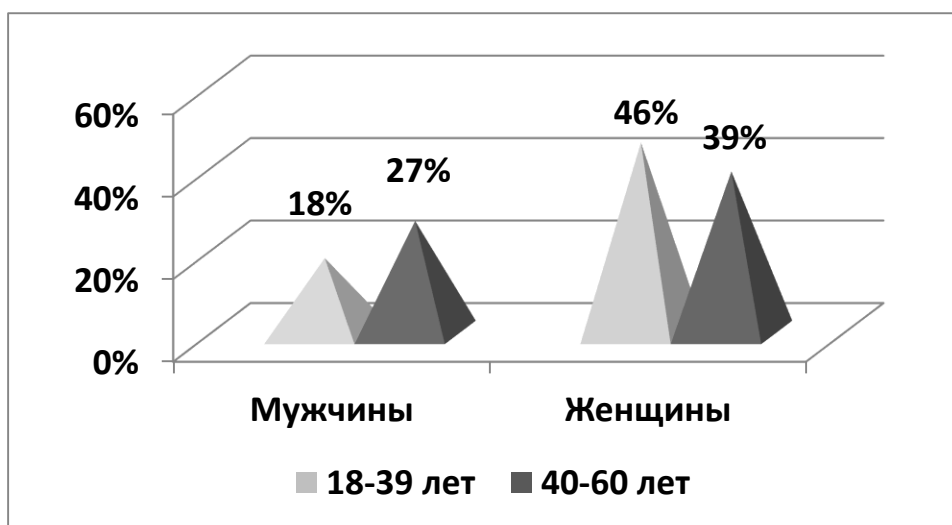


Рисунок 3.3.1. – Распределение обследованных лиц с дефицитом железа (%).

3.4. Установление закономерностей биоэлементного состава различных биологических сред у взрослого населения Минского региона с обычным статусом питания

Проведена оценка индивидуальных элементограмм, что позволило выявить среди обследованных лиц распространенность микроэлементозов дефицита, ранжирование которых представлено в таблице 3.4.1. В соответствии с определяемым рангом, наибольшее значение которого соответствует наибольшему проценту распространенности недостатка химического элемента, микроэлементозы дефицита селена и цинка являются доминирующими среди взрослого населения г. Минска и его региона. Причем гипомикроэлементоз Se характеризуется значениями медианы, не достигающими нижнего биологически допустимого уровня, при медиане уровня Zn, соответствующей нормальному значению.

Следовательно, оценка индивидуальных элементограмм волос, как характеристика долгосрочного питания, позволила выявить среди обследованных лиц распространенность микроэлементозов дефицита.

Таблица 3.4.1 – Ранговое соотношение распространенности микроэлементозов дефицита среди взрослого населения Минского региона (наименьшее значение ранга соответствует наименьшему проценту частоты дефицита элемента)

ХЭ	Ранг
Ca	6
Mg	3
P	7,5
K	7,5
Na	4
Se	10
Zn	9
Cu	5
Mn	1,5

В соответствии с определяемым рангом, наибольшее значение которого соответствует наибольшему проценту распространенности недостатка химического элемента, микроэлементозы дефицита селена и цинка являются доминирующими среди взрослого населения Минского региона. Практически отсутствуют дефицитные состояния Mg, Mn и Na. Умеренный дефицит (менее 10% обследованных) характерен для Cu и Ca. Дефицитную направленность баланса имеют K и P, особенно у женщин. Так, сниженные показатели P выявлены в 5,3% случаев у мужчин и 6,9% - у женщин.

ГЛАВА 4

БИОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ У ЛИЦ С ИЗБЫТОЧНЫМ ВЕСОМ

По результатам исследования установлено, что питание женщин с повышенной массой тела характеризовалось избытком легкоусвояемых углеводов (на 70% относительно нормативных величин), табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Потребление пищевых веществ женщинами с ИМТ=18–24,9 и ИМТ=25–30. Результаты анкетного опроса Примечания: ** – значимые различия по отношению к группе сравнения, $p < 0,001$

Показатель	Физиологическая потребность	Фактическое значение, $\bar{X}_{\text{ср}} \pm \delta$	
		экспонируемая группа ИМТ=25–30 $n=25$	группа сравнения ИМТ=18–24,9 $n=25$
Белки, г	63–66	110,70±20,96	106,64±26,61
Жиры, г	70–73	76,07±33,65 ***	121,18±27,38
Углеводы, г	318–378	500,95±63,46 ***	212,98±51,67
Витамин А, мг РЭ	0,9–3,0	0,50±0,49	0,50±0,21
Бета-каротин, мг	5,0	4,69±2,56 ***	5,32±4,28
Витамин В1, мг	1,5–5,0	1,72±0,33 ***	1,9±0,32
Витамин В2, мг	1,8–6,0	1,18±0,37 ***	2,07±0,82
Витамин РР, мг	20,0–60	15,26±3,55 ***	19,84±4,65
Витамин С, мг	90–900	70,58±31,37 ***	94,53±28,06
Витамин Е, мг ТЭ	15–150	11,72±7,59 ***	20,14±6,45
Витамин В6, мг	2,0–6,0	1,32±0,42 ***	2,98±0,43
Витамин В12, мкг	3,0–9,0	4,83±1,89 ***	8,74±6,15
Фолацин, мкг	400–600	250,3±42,7	262,31±79,48

Как видно из таблицы, соотношение основных питательных веществ по массе в среднесуточном рационе этой группы не было сбалансировано по белкам, жирам и углеводам (1:1,2:3,0 при рекомендуемом оптимальном балансе 1:1:4). Анализ потребления витаминов показал, что поступление В1 составило 90,5% относительно контрольной группы ($p < 0,001$), В2–57%, В6–44,3%, В12–55,3%, С–79,5% относительно контроля и 80% от нормы физиологического потребления, а витамина Е–80% и 60% соответственно.

При оценке поступления пищевых веществ в организм мужчин с повышенной массой тела выявлен избыток потребления белков, жиров и

углеводов, уровни которых составляли 152,9%, 155,6% и 93,8% относительно физиологической нормы (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Потребление пищевых веществ мужчинами с ИМТ=18–24,9 и ИМТ=25–30. Результаты анкетного опроса Примечание: * – значимые различия по отношению к группе сравнения, $p < 0,001$

Показатель	Физиологическая потребность	Фактическое значение, $X_{cp} \pm \delta$	
		экспонируемая группа ИМТ=25–30 $n=25$	группа сравнения ИМТ=18–24,9 $n=25$
Белки, г	72–80	138,29±44,74	141,64±26,88
Жиры, г	83–93	237,68±74,64	224,32±53,85
Углеводы, г	366–411	426,98±121,71*	370,22±73,24
Витамин А, мг РЭ	0,90–3,0	1,31±0,84 ***	2,62±1,90
Бета-каротин, мг	5,0	4,37±2,89	6,42±4,02
Витамин В1, мг	1,5–5,0	3,16±1,42	2,79±1,00
Витамин В2, мг	1,8–6,0	2,22±0,62	2,54±0,66
Витамин РР, мг	20,0–60	25,51±7,91	26,56±4,56
Витамин С, мг	90–900	105,71±43,21	118,48±46,68
Витамин Е, мг ТЭ	15–150	38,10±12,73	39,04±9,89
Витамин В6, мг	2,0–6,0	3,09±0,91	3,18±0,54
Витамин В12, мкг	3,0–9,0	8,79±3,57 *	12,71±5,28
Фолацин, мкг	400–600	210,39±57,31	240,61±60,46

Последовательный анализ содержания витаминов в рационе, представленный в табл. 4.2., позволил установить количественное соответствие их потребления в экспонируемой группе и группе сравнения в 76,9% случаях, что соответствовало физиологическим нормам. Достоверные различия установлены только по углеводам, витаминам А и В12.

Отличительной особенностью фактического питания мужчин обеих групп было высокое содержание белков и липидов (превышали норму в 1,73– 1,77 и в 2,41–2,56 раза соответственно), а также повышенное на 23,3% потребление углеводов и достоверный дефицит витаминов А, бета-каротина и В12 (на 50%, 41,9% и 33,8% соответственно) в группе с повышенным ИМТ относительно контрольной. Для первой также отмечалась несбалансированность нутриентного состава среднесуточных рационов по белку, жирам и углеводам (по массе) – 1:1,8:3,5 при рекомендуемых 1:1:4.

Для выяснения связи между варьирующими признаками, а также установления направления и измерения ее тесноты рассчитывались парные коэффициенты корреляции по Пирсону.

В группе наблюдения мужчин с ИМТ=25–30 имеется статистически достоверная обратная взаимозависимость концентраций К и Са, Zn и Мо, Pb и Cd, а также К и отношения Са к К на уровне значимости 0,05, также установлена обратная взаимосвязь ($p=0,001$) концентрации Cu и отношения Zn к Cu.

В контрольной группе с ИМТ=8–24,9 обнаружена статистически достоверная обратная взаимозависимость концентраций Zn и Мо, S и Cd, а также соотношения Са/К и Zn/Cu на уровне значимости 0,05. Установлена обратная взаимосвязь ($p=0,001$) концентрации Cu и отношения Zn к Cu, концентрации К и отношения Са/К, концентраций Са и К, Cr и Cd.

Для построения уравнения множественной регрессии рассчитана и проанализирована матрица парных коэффициентов корреляции уровней факторов.

При анализе данных отдельно для лиц мужского пола уравнение регрессии, показывающее зависимость соотношения цинка и меди в биоматериале (волосах) от содержания указанных элементов в пище, имеет следующий вид (здесь и далее в уравнениях частные коэффициенты корреляций статистически значимы с $p<0,05$) [36]:

$$Y_{Zn/Cu} = 1,625 - 0,016X_{\text{цинк в пище}} + 17,605X_{\text{медь в пище}}.$$

Полученное значение коэффициента детерминации ($R^2=0,866$; $F=67,812$, при $p<0,001$) свидетельствует о высокой достоверной связи между статусом обследуемого мужчины и содержанием указанных элементов в пище, что доказывает значимость цинка и меди в потребляемой пище для прогнозирования нарушения обмена этих микроэлементов у мужчин [37].

Уравнение регрессии для соотношения Zn и Cu с учетом всех элементов и ИМТ таково:

$$Y_{Zn/Cu} = 21,809 + 0,029X_{\text{цинк}} + 0,005X_{\text{кальций}} - 0,276X_{\text{медь}} + 0,371X_{\text{сера}} - 13,138X_{\text{кадмий}}.$$

Коэффициент детерминации $R^2=0,867$; $F=3,922$, при $p=0,05$ также говорит о связи между статусом обследуемого, содержанием этих элементов в рационе и повышенной массой тела. Исследованные параметры определяют соотношение Zn/Cu в группе лиц мужского пола на 86,7%.

При анализе данных отдельно для мужчин уравнение регрессии, показывающее зависимость соотношения кальция и калия в биоматериале (волосах) от содержания указанных элементов в пище, имеет следующий вид:

$$Y_{Ca/K} = -0,077 - 6,645X_{\text{кальций в пище}} + 30,660X_{\text{калий в пище}},$$

а уравнение регрессии для соотношения кальция и калия с учетом всех элементов и индекса массы тела – такой:

$$Y_{Ca/K} = -18,525 + 0,920X_{\text{ИМТ}} + 0,026X_{\text{кальций}} - 0,025X_{\text{калий}} + 0,371X_{\text{железо}} + 2,924X_{\text{молибден}} - 2,092X_{\text{свинец}} - 16,563X_{\text{кадмий}}.$$

Коэффициенты детерминации ($R^2=0,935$; $F=157,778$, при $p<0,01$) и ($R^2=0,977$; $F=25,256$, при $p<0,01$) показывают высокую достоверную связь между статусом обследуемого, содержанием данных элементов в рационе и повышенной массой тела, что доказывает их высокую значимость для прогнозирования нарушения обмена кальция и калия. Исследованные параметры определяют соотношение Са/К в группе лиц мужского пола на 97,7%.

В контрольной группе лиц женского пола с ИМТ = 18–24,9 имеется статистически достоверная обратная взаимозависимость концентраций Fe и Co, а также соотношения Са/К и концентрации Fe, соотношения Zn/Cu и содержания Cu на уровне значимости 0,05. Установлена обратная взаимосвязь ($p=0,001$) концентраций K и Mn и отношения Са к К.

В группе наблюдения с ИМТ=25–30 обнаружена обратная взаимозависимость концентраций K и Cd, а также соотношения Са/К и концентрации K, соотношения Zn/Cu и содержания Cu на уровне значимости 0,05.

Уравнение регрессии для соотношения цинка и меди с учетом всех элементов и ИМТ таково:

$$Y_{Zn/Cu} = 6,080 + 0,074X_{\text{цинк}} - 0,001X_{\text{кальций}} - 0,193X_{\text{медь}} + 0,267X_{\text{железо}}.$$

Уравнение регрессии для соотношения кальция и калия с учетом всех элементов и ИМТ имеет вид:

$$Y_{Ca/K} = -59,428 + 0,019X_{\text{кальций}} - 14,463X_{\text{марганец}} - 0,003X_{\text{сера}}.$$

Значения коэффициентов детерминации ($R^2=0,952$; $F=11,993$, при $p=0,001$) и ($R^2=0,799$; $F=2,391$, при $p=0,05$) соответственно свидетельствуют о высокой достоверной связи между статусом обследуемой женщины и содержанием

указанных элементов в пище, а также с повышенной массой тела. Исследованные параметры определяют соотношение Zn/Cu в группе лиц женского пола на 95,2% и Ca/K на 79,9%.

Как показано, коррекцию питания лиц с повышенным ИМТ целесообразно проводить с учетом особенностей питания, желательно с использованием продуктов массового производства – хлеба [37, 38]. Для этого были проведены исследования методом РФА элементного состава биологически активных комплексов – водорослей, лекарственных растений, которые можно применять для обогащения хлебобулочных изделий [39]. Результаты кальция представлены в табл. 4.3, 4.4.

Таблица 4.3 – Содержание биоэлементов в различных видах водорослей, мкг/г

Функциональный пищевой ингредиент	Калий	Кальций	Хром	Марганец	Железо	Медь	Цинк
Спирулина (<i>Spirulina platensis</i>)	7420,7± 250,1	878,7± 50,1	0,5± 0,1	10,8±1,5	297,9± 15,1	0,3± 0,1	22,4± 1,5
Хлорелла (<i>Chlorella vulgaris</i>)	7144,1± 150,1	1411,1± 150,1	1,7± 0,5	45,3±15,3	288,6± 7,1	3,2± 0,6	15,5± 1,5
Фукус (<i>Fucus vesiculosus</i>)	3523,4± 144,1	3990,5± 126,3	3,9± 1,0	24,3±1,8	429,1± 7,3	12,4± 0,9	9,5± 0,7
Ламинария (<i>Laminaria saccharina</i>)	23976,7 ± 526,1	2406,5± 137,2	0,5± 0,1	1,8±0,4	242,3± 7,7	0,8± 0,1	3,5± 0,6

Таблица 4.4 – Содержание химических элементов в лекарственных растениях (плоды), мкг/г

Функциональный пищевой ингредиент	Калий	Кальций	Хром	Марганец	Железо	Медь	Цинк
Плоды шиповника (<i>Rosa cinnamomea</i>)	8631,7 ±338,3	3831,9± 185,6	1,8± 0,3	6,7±1,4	37,4±2	2,9± 0,7	5,8± 0,9
Плоды калины (<i>Viburnum opulus</i>)	6512,5 ±165,8	1549,1± 66,6	4,9± 0,9	0,8±0,1	48,1±2,8	37,3± 3,6	6,0± 0,5

Продолжение таблицы 4.4

Ягоды черники (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	4579,2 ±191,2	1353,1± 85,6	3,9±1, 1	279,1±7,8	323,0± 7,4	4,7±0, 7	12,0± 1,5
Ягоды рябины черноплодной (<i>Aronia melanocarpa</i>)	6169,0 ±222,5	1255,6± 82,7	33,3± 3,6	15,3±1,5	170,5± 5,4	33,9± 1,9	8,5± 0,8
Ягоды рябины красной (<i>Sorbus aucuparia</i>)	4792,5 ±180,1	2559,5± 108,3	2,7± 0,6	12,3±1,2	46,0±2,5	13,8± 1,7	11,5± 1,0
Плоды боярышника (<i>Crataegus oxyacantha</i>)	6326,7 ±211,9	3592,3± 131,4	34,2± 5,5	4,5±0,9	128,7± 4,4	420,6 ±6,0	237,7 ±4,1
Плоды расторопши (<i>Silybum marianum</i>)	5585,4 ±274,0	9730,3± 297,7	1,8± 0,4	12,1±2,0	90,9±5,1	13,2± 1,5	45,5± 2,4

Содержание калия в водорослях колеблется в широких пределах: от 3523,4 мкг/г до 23976,7 мкг/г, кальция – от 878,7 мкг/г до 3990,5 мкг/г, хрома – от 0,5 мкг/г до 3,9 мкг/г, марганца – от 1,8 мкг/г до 45,3 мкг/г, железа – от 242,3 мкг/г до 429,1 мкг/г, меди – от 0,3 мкг/г до 12,4 мкг/г, цинка – от 3,5 мкг/г до 9,5 мкг/г.

Содержание калия в плодах исследуемых растений варьируется в пределах от 4265,3 мкг/г до 8631,7 мкг/г, кальция – от 827,4 мкг/г до 9730,3 мкг/г, хрома – от 1,1 мкг/г до 34,2 мкг/г, марганца – от 0,8 мкг/г до 279,8 мкг/г, железа – от 37,4 мкг/г до 323,0 мкг/г, меди – от 2,9 мкг/г до 420,6 мкг/г, цинка – от 5,8 мкг/г до 237,7 мкг/г.

Для коррекции рациона питания лиц с избыточным индексом массы тела на основе исследований элементного состава биологически активных комплексов были разработаны рецептуры хлебобулочных изделий на основе СТБ 639–95 [27]:

- хлеб с добавлением 3% порошка микроводоросли спиролина платенсис (*Spirulina platensis microalgae powder*);
- хлеб с 2% порошка микроводоросли хлорелла (*Chlorella pyrenoidosa microalgae powder*);
- хлеб с 2% порошка водоросли фукус (*Fucus vesiculosus microalgae powder*);
- хлеб с 4% порошка плодов боярышника (*Crataegus oxyacantha powder*).

Предложенные функциональные ингредиенты имеют сбалансированный элементный состав, содержат кальций, медь, железо, калий, цинк, марганец, хром в более высоких концентрациях, чем основа изделий – мука марок М54–28,

M54–25 и могут быть рекомендованы для обогащения хлебобулочных изделий [39, 40].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема сохранения здоровья и увеличения продолжительности жизни человека неизменно остается одной из самых важных и актуальных. Питание относится к тем важнейшим факторам окружающей среды, которые с момента рождения и до последних мгновений жизни воздействуют на организм человека. Пищевые вещества, преобразуясь в процессе метаболизма в структурные элементы клеток организма, всецело обеспечивают физическую и умственную работоспособность, определяют здоровье и продолжительность жизни человека. Нарушения пищевого баланса всегда приводят к тем или иным отрицательным последствиям [41]. Поэтому рациональное, адекватное возрасту, профессиональной деятельности, состоянию здоровья питание рассматривается как важнейший фактор профилактики большинства заболеваний человека [42].

Проведен анализ соответствия биоэлементного статуса жителей Минского региона страны, имеющих обычный статус питания, физиологическим потребностям. Изучено содержание основных макро- и микроэлементов в биологических средах организма и выявлены следующие особенности биоэлементного статуса практически здоровых лиц:

- при практическом отсутствии возрастных различий характерна гендерная дифференцировка элементного состава:

- 1) уровень содержания Ca и Mg достоверно выше у женщин по сравнению с мужчинами;

- 2) для лиц мужского пола характерно статистически значимое преобладание в волосах K и Na по сравнению с показателями содержания этих элементов в женских группах;

- 3) у женщин молодого возраста выявлен дефицит железа, у женщин зрелого возраста содержание железа находилось на нижней границе нормы.

- индивидуальная оценка элементограмм волос выявила частоту распространенности следующих дисмикроэлементозов:

- 1) наиболее часто зарегистрированы гипомикроэлементозы Se и Zn; недостаточная обеспеченность организма данными ХЭ способствует формированию в популяции групп риска по снижению, в первую очередь, функциональной активности систем защиты (иммунной и антиоксидантной);

- 2) проблемой, требующей дальнейшего изучения, является высокая частота гипермикроэлементоза Al.

При исследовании людей с избыточной массой тела были сделаны следующие заключения.

Коэффициент соотношения Ca/K может быть использован для оценки активности кальций регулирующих гормонов как микроэлементное выражение их эффекта (граница оптимального соотношения: 2–5). Выявлено, что в группе мужчин с ИМТ= 25–30 соотношение $Ca/K > 5$ установлено у 64% обследованных, а соотношение $Zn/Cu > 8$ – в 72% случаев. В аналогичной группе женщин подобная картина наблюдалась в 92% и 56% соответственно. Коэффициент Ca/K может быть использован в оценке степени усвоения кальция костной тканью.

Для построения уравнения множественной регрессии рассчитана и проанализирована матрица парных коэффициентов корреляции уровней факторов. Величина соотношения Ca/K у мужчин определяется потреблением с пищей калия, кальция, железа, молибдена, свинца, кадмия, у женщин – кальция, марганца и серы. Для нормализации работы кальций регулирующих механизмов необходим контроль поступления вышеперечисленных элементов с пищей, что подтверждается корреляционными связями между их концентрациями в организме. Разработанные рецепты хлебобулочных изделий позволяют обеспечить не менее 30% суточной потребности в эссенциальных элементах для всех половозрастных групп населения нашей страны.

Таким образом, полученные результаты позволяют определить характер микро- и макроэлементного баланса в зависимости от пола и возраста, а также распространенность дефицитных состояний. Дифференцированный подход в исследовании элементного спектра различных биологических сред организма человека (волосы, кровь, моча) в качестве биоиндикаторов позволяет получить объективную информацию для оценки обеспеченности населения макро- и микроэлементами, а также степени нагрузки токсичными металлами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кедрова, И.И. Состояние питания взрослого населения в различных регионах Республики Беларусь/ И.И. Кедрова [и др.] / Национальная политика в области здорового питания в Республике Беларусь: материалы междунар. конф., Минск, 20–21 ноября 1997 г. – Минск, 1997. – С. 25–28.
2. Филонов, В.П. Проблемы питания в Республике Беларусь/ В.П.Филонов, В.И. Мурох / Национальная политика в области здорового питания в Республике Беларусь: материалы междунар. конф., Минск, 20–21 ноября 1997 г. – Минск, 1997. – С. 10–15.
3. Филонов, В.П. Питание и здоровье детей / В.П.Филонов [и др.]. / Национальная политика здорового питания в Республике Беларусь: материалы междунар. конф., Минск, 26–27 апреля 2001 г – Минск, 2001. – С. 29–31.
4. Хорошилов, И.Е. Клиническая нутрициология: учеб. пособие /И.Е Хорошилов., П.Б. Панов; под ред. А.В. Шаброва. – ЭЛБИ – СПб, 2009. – 284 с.
5. Мартинчик, А.Н. Общая нутрициология / А.Н Мартинчик, И.В Маев, О.О. Янушевич; Общая нутрициология: учеб. пособие. – М.:МЕДпресс-информ, 2005. – 392 с.
6. Требования к потреблению пищевых веществ и энергии для различных групп населения Республики Беларусь: постановление Министерства здравоохранения Респ. Беларусь, 14 марта 2011 г., № 16// Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы Респ. Беларусь – Минск, 2011. – 42 с.
7. Сергеев, В.Н. Оптимизация питания – фундаментальный фактор сохранения здоровья и долголетия / В.Н. Сергеев, Г.В. Сидоренко // Вестник восстановительной медицины – 2004. – №1. – С. 37–40.
8. Шабров, А.В. Биохимические основы действия микрокомпонентов пищи/ Шабров А.В., Дадали В.А., Макаров В.Г.; под ред. проф. В.А.Дадали. – М.: Авваллон, 2003. – 184 с.
9. Скальный, А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека / А.В.Скальный. - М.: Оникс 21 век, 2004. - 216 с.
10. Скальная, М.Г. Химические элементы-микронутриенты как резерв восстановления здоровья жителей России [Текст] / М.Г.Скальная, Р.М., Дубовой, С.В. Нотова. – Оренбург: РИК ГОУ ОГУ, 2004. – 239 с.
11. Борисова, Н.А. Сопряженность ряда демографическиз показателей с содержанием химических элементов в среде обитания в регионе Южного Предуралья / Н.А. Борисова, Э.Х. Шигапов, Р.Х. Нигматулин, Н.В. Старова // Вестник восстановительной медицины. – 2008. – № 5а (28). – С. 11–15.
12. Куркатов, С. В. Подходы к оценке риска здоровью детей Севера Красноярского края по элементному составу волос / С. В. Куркатов, А. М.

Василовский, Л. Г. Климацкая// Микроэлементы в медицине. М: КМК. – 2004. – Т. 5. вып. 4. – С. 76–78.

13. Лобанова, Ю.Н. Сравнительный анализ элементного состава биообразцов детей дошкольного возраста, проживающих в Европейской части России и Западном Казахстане / Лобанова Ю.Н., Скальная М.Г., Скальный А.В., Джаугашева К.К. // Микроэлементы в медицине. М: КМК – 2008. – Том 8. вып. 2. – С. 32–35.

14. Наджимитдинова, М.А. Выявляемость некоторых гипомикроэлементозов у детей пубертатного возраста, проживающих в техногенных биогеохимических зонах промышленных центров Республики Узбекистан / Наджимитдинова М.А. // Микроэлементы в медицине. М: КМК – 2008. – Том 8. вып. 2. – С. 47–49.

15. Транковская, Л.В., Содержание микроэлементов в волосах детей современного крупного промышленного города / Л.В. Транковская, В.Н. Лучанинова, А.Б. Косолапов //Российский педиатрический журнал. – 2004. – № 5. – С.59–61.

16. Кедрова, И.И. Содержание витаминов и минеральных веществ в рационах питания Республики Беларусь / И.И.Кедрова, А.В. Славинский, Н.В. Гусаревич //Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. мед. наук. – 2006. – №2. – С.43–46.

17. Спиричев, В.Б. Методы оценки витаминной обеспеченности населения: учебно-методическое пособие / В.Б Спиричев [и др.] – М.: Москва. – 2001. – 70 с.

18. Громова, О.А. Витамины и минералы в современной клинической медицине / О.А Громова, Л.С Намазовой Л.С; под ред. О.А.Громовой. – Москва, 2005. – 56с.

19. Все о витаминах: пер. с англ.; под ред. С.И.Незлобиной. – М.: КРОН–ПРЕСС. – 1995. – С. 188–192, 196–199.

20. Виноградов, В.В. Некоферментная витаминология / В.В. Виноградов. – Гродно, 2000. – 536 с.

21. Тутельян, В.А. Оптимальное питание: новая медицинская технология оздоровления населения (постановка проблемы) / В.А Тутельян, А.К. Батурин, Б.П. Суханов // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. мед. наук. – 2006. – №2. – С.С.7–12.

22. Об утверждении перечня исследований в клинической лабораторной диагностике, выполняемых врачами лабораторной диагностики и фельдшерами-лаборантами: постановление Министерства здравоохранения Респ. Беларусь, 19 февраля 2008 г., № 38. – Минск, 2008.- 41с.

23. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно

связанной плазмой: Методические рекомендации 4.1.1482-03 и 4.1.1483-03 Минздрав России, 29 июня 2003 г. – М. – 2003. – 12с.

24. Кухта, В.К. Биологическая химия: учебное издание / В.К., Кухта, Т.С. Морозкина, Э.И. Олецкий, А.Д. Таганович. – М.: Асар, Бином. – 2008. – 688 с.

25. Тиц, Н.У. Клиническое руководство по лабораторным тестам / перевод с англ. под ред. В.В. Меньшикова. М.: ЮНИМЕД-пресс. – 2003. – 960 с.

26. Камышников, В.С. Справочник по клинической лабораторной диагностике: в 2 т. / В.С. Камышников. – Минск «Беларусь», 2000. – Т. 2. – 463с.

27. Скальный, А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО Центр биотической медицины) / А.В. Скальный // // Микроэлементы в медицине. М: КМК. – Т. 4. – Вып.1. – С. 7–11.

28. Человек. Медико-биологические данные. Публ. 23. МКРЗ. М.: Медицина, 1977. С. 45–57.

29. Эмсли Дж. Элементы: справочник / пер. с англ. – М.: Мир. – 1993. – 256 с.

30. Iyengar, G.V. Trace elements in human Clinical Specimens: Evaluation of Literature Data to identify Reference Values / G.V. Iyengar, J. Woittziec // Clin. Chem. № 34/3. – 1988. – P. 26–39.

31. Iyengar, G.V., Kollmer W.E., Bowen H.J.M. The elements composition of human tissues and body fluids / G.V. Iyengar, W.E. Kollmer, H.J. Bowen. – M. Weinheim. – News-York. Verlag hemi. – 1978. – P. 45–54.

32. Bertram, H.P. Spurenelemente: Analytik, toxikologische und medizinische klinische Bedeutung / H.P. Bertram. – Munchen, Wien, Baltimore, Urban und Schwarzenberg. 1992. – 228 s.

33. Адаскевич, В.П. Алопеция / В.П. Адаскевич, О.Д. Мяделец, И.В. Тихоновская. – Н. Новгород.: НГМА, 2000. – 187 с.

34. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: Методические рекомендации МР 2.3.1.2432 -08. – М. – 2008. – 40 с.

35. Ozhirenje: etiologiya, patogenez, klinicheskie aspekty / Ed. by I.I. Dedov, G.A. Melnichenko. – M., 2006. In Russian

36. Bessesen, D.H., Kushner, R. Izbytochnyy ves i ozhirenje. Profilaktika, diagnostika i lechenie. – M., 2004. In Russian

37. Doroshevich, V.I. Status pitaniya i zdorov'ye cheloveka // Meditsinskie novosti. – 2003. – N 4. – P. 18–26. In Russian

38. Faghihian H. Rahbarnia H. Determination of trace elements in hair of some local population in Iran by instrumental neutron activation analysis // J. of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – 2002. – Vol. 251. – N 3. – P. 427–430.

39. Fomon, S.J. Nutrition of normal infants. St. Louis. – Mosby, 1993.

40. Recommended dietary allowances. Inst. of Medicine Staff, Subcomm. on Metabolism Staff Nat. Research Council. 10th ed. – Washington, 1989.
41. Rosenberg, I.H. Nutrition and nutritional requirements // Harrison's principles of internal medicine / ed.: K. J. Isselbacher [et al.]. 13th ed. – New York, 1994.
42. Rushton, D.H. Nutritional factors and hair loss // Clinical a. Experimental Dermatology. – 2002. – Vol. 27. – N 5. – P. 396–404.
43. Sadler, M.J., Strain, J.J., Caballero, B. Encyclopedia of human nutrition: in 3 vol. – London, 1998.
44. Buznik, I.M. Metodologicheskie podkhody i metodicheskie priemy izucheniya i otsenki pishchevogo statusa i pitaniya zdorovogo i bol'nogo cheloveka: ucheb. posobie. – Leningrad, 1983. In Russian
45. Vasilyev, A.V., Anykina, N.V. Metodicheskie podkhody k otsenke pishchevogo statusa // Zdorovoe pitanie naseleniya Rossii: materialy VII Vseros. kongr., 12–14 noyab. 2003 g. In-t pitaniya Ros. akad. med. nauk. – M., 2003. In Russian
46. Gapparov, M.M. Rol' belka v pitanii cheloveka v usloviyakh zagryazneniya okruzhayushchey sredy // Vestn. Ros. akad. med. nauk. – 2002. – N 9. – P. 20–22. In Russian
47. Opredelenie izmeneniy v sostoyanii pitaniya: posobie po otsenke vliyaniya progr. dop. pitaniya na sostoyanie pitaniya uyazvimykh grupp naseleniya / Vsemir. org. zdavookhraneniya. – M., 1985. In Russian
48. Tarmaeva, I.Yu. [et al.]. Otsenka pitaniya vzroslogo naseleniya na sovremennom etape // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2017. – N 5. – P. 12–19. In Russian
49. Bakulin, I.G. [et al.]. Otsenka elementnogo statusa v opredelenii nutrientnoy obespechennosti organizma. Znachenie narusheniy elementnogo statusa pri razlichnoy patologii. – M., 2005. In Russian
50. Petrzhik, K. Kriterii otsenki pishchevogo statusa // Voprosy pitaniya. – 1989. – N 1. – P. 20–21. In Russian
51. Skalnyy, A.B. Mikroelementy dlya vashego zdorov'ya. – M., 2004. In Russian
52. Skalnyy, A.B., Rudakov, I.A. Bioelementy v meditsine: ucheb. posobie. – M., 2004. In Russian
53. Smolyar, V.I. K peresmotru rekomenduyemykh razmerov potrebleniya osnovnykh pishchevykh veshchestv i energii // Voprosy pitaniya. – 1990. – N 4. – P. 4–5. In Russian
54. Zaytsev, V.A. [et al.]. Spravochnye tablitsy sodержaniya osnovnykh pishchevykh komponentov v ovoshchnykh kul'turakh, vyrashchennykh v raznykh oblastyakh respublik // http://med.by/dmn/book.php?book=05-32_10. In Russian

55. Badzinski, S.S., Flint, P.L., Gorman, K.B., Petrie, S.A. Relationships between hepatic trace element concentrations, reproductive status, and body condition of female greater scaup // *Environmental Pollution*. – 2009. – Vol. 157, N 6. – P. 1886–1893.
56. Pashkova, G.V., Smagunova, A.N., Lovtsova, N.V., Korzhova, E.N. Izuchenie vozmozhnosti ispol'zovaniya RFA dlya kontrolya soderzhaniya nikelya v salomase pri proizvodstve margarina // *Analitika i kontrol'*. – 2012. – Vol. 6, N 4. – P. 432–438. In Russian
57. Kedrova, I.I., Fedorenko, E.V., Slavinskiy, A.V., Durmanova, S.A., Likhoshva, O.N., Bayda, A.V., Skadorva, V.V., Ryabova, N.V. Metody otsenki fakticheskogo pitaniya i pishchevogo statusa vzroslykh: instr. po primeneniyu № 001-0215. – Minsk, 2015. In Russian
58. Sindeeva, L.V., Medvedeva, N.N., Nikolaev, V.G. Primenenie metodov regressionnogo analiza v biomeditsinskikh issledovaniyakh // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. – 2013. – Vol. XX, N 2. – P. 216–219. In Russian
59. Protasov, Yu.M. Modelirovanie vzaimosvyazey makroekonomicheskikh pokazateley sredstvami korrelyatsionno-regressionnogo analiza // *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta*. – 2012. – N 2. – P. 177–181. In Russian
60. Rebrova, O.Yu. Statisticheskiy analiz meditsinskikh dannykh. – M., 2006. In Russian
61. STB 639-95 Khleb iz rzhanoy, smesi rzhanoy i pshenichnoy muki. Obshchie tekhnicheskie usloviya. – Minsk, 2014. In Russian