

Али Адиб Хуссейн Али,
аспирант кафедры биохимии
факультета биологии и экологии Гродненского
государственного университета им. Янки Купалы,
магистр биологических наук;
medic_lab2015@yahoo.com

Людмила Лосева,
ведущий научный сотрудник НИЧ,
доцент кафедры биохимии
факультета биологии и экологии Гродненского
государственного университета им. Янки Купалы,
кандидат химических наук

Татьяна Крупская,
старший преподаватель кафедры
теоретической физики и теплотехники
физико-технического факультета Гродненского
государственного университета им. Янки Купалы;
krupskayatanuyusha@mail.ru

Олег Кузнецов,
доцент кафедры микробиологии,
вирусологии и иммунологии
Гродненского государственного
медицинского университета,
кандидат биологических наук, доцент;
olegkuznetsov@inbox.ru

БИОЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС ОРГАНИЗМА У ЛИЦ С ИЗБЫТОЧНОЙ МАССОЙ ТЕЛА

Аннотация. Представлены результаты исследования особенностей питания и биоэлементного статуса лиц 18–30 лет г. Гродно и Гродненской обл. с нормальным и повышенным индексом массы тела (ИМТ), проведенного с использованием опроса и метода рентгенофлуоресцентного анализа волос для выявления состояния обмена микро- и макроэлементов в организме. Определено, что у мужчин с ИМТ 25–30 соотношение $Ca/K > 5$ (при норме 2–5) у 64% обследованных, а соотношение $Zn/Cu > 8$ (при норме 8) – у 72%. У женщин с таким же ИМТ данные показатели отмечены у 92% и 56% соответственно. По мнению авторов, эти соотношения могут служить диагностическим критерием избыточной массы тела и маркером нарушений, требующих мер по коррекции рациона.

Ключевые слова: ожирение, пол, биоэлементы, метод рентгенофлуоресцентного анализа, математическая статистика, индекс массы тела, биохимия.

Для цитирования: Али Адиб Хуссейн Али, Лосева Л., Крупская Т., Кузнецов О. Биоэлементный статус организма у лиц с избыточной массой тела // Наука и инновации. 2021. №11. С. 75–79.
<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-11-75-79>

По данным ВОЗ, в мире избыточной массой тела страдают около 30% населения, то есть 1,7 млрд человек. В Западной Европе это актуально для 25% женщин и 20% мужчин, в США – для 60% жителей, причем ожирение отмечается у 27%, в России и Беларуси эти показатели в среднем 30% и 25%. Ожидается, что число подобных случаев в ближайшие два десятилетия может увеличиться вдвое, и это представляет серьезную угрозу для здоровья людей.

Нормальный ИМТ у человека любого типа телосложения – от худощавого до ширококостного – составляет 18–24,9. Если он равен 25, это означает начало набора веса, а после 27 начинаются первые проблемы от излишней массы.

В последнее время все больший интерес наряду с исследованиями крови, плазмы и мочи представляет изучение волос для определения процессов обмена микро- и макроэлементов в организме. Полученные при этом показатели являются информатив-

ным маркером функциональных нарушений состояния организма и отправной точкой для оптимизации питания в зависимости от пола и возраста среди молодежи, что приобретает особую значимость в наши дни и требует пристального внимания ученых [14–20]. Например, исследование биоэлементов представлено среди самых перспективных направлений в программе Национального института здравоохранения США. В развитых странах мира здоровому образу жизни и сбалансированному питанию как одному из важнейших его факторов уделяется большое внимание [5–13].

В ходе нашей работы впервые показана возможность применения рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) волос как метода контроля баланса макро- и микроэлементов в организме мужчин и женщин в возрасте 18–30 лет с различным ИМТ, а выявленный дисбаланс по кальцию, цинку, железу, меди, калию у молодых людей, проживающих в г. Гродно и Гродненской обл., станет поводом провести коррекцию питания на ранней стадии

формирования элементозов [1–4]. РФА позволяет исследовать химические элементы таблицы Менделеева от серы до урана в составе различных сред – твердых, жидких, порошковых – и идентифицировать примеси с концентрацией от 0,1 мкг.

Интерес к изучению элементного состава волос обусловлен активным участием биоэлементов в деятельности ферментов, гормонов и в процессах регуляции систем организма, а также тем, что их физиологическая и биохимическая роль остается недостаточно изученной. Известно, что для белкового, углеводного и жирового обмена веществ необходимы Fe, Co, Mn, Zn, Mo, V, B, W; в синтезе белков участвуют Mg, Mn, Fe, Co, Cu, Ni, Cr; в кроветворении – Co, Ti, Cu, Mn, Ni, Zn; в дыхании – Mg, Fe, Cu, Zn, Mn и Co [21]. Но информации о биохимических механизмах взаимодействия между двумя или более микроэлементами, которые могут быть очень сложными и неоднозначными, мало. В составе ферментов они ускоряют или замедляют различные процессы, выступают в роли катализаторов или ингибиторов, что приводит к повышению или понижению концентрации отдельных белков, жиров, углеводов и других веществ, необходимых для жизни.

Цель настоящей работы – оценка состояния биоэлементного статуса лиц с избыточной массой тела для коррекции питания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выполнения работы была использована база Научно-исследовательской лаборатории физико-химических методов исследования объектов окружающей среды ГрГУ им. Я. Купалы. Выполнен биоэлементный анализ состава волос лицам, проживающим в г. Гродно и Гродненской обл. В группу наблюдения отобраны 50 человек (25 мужского и 25 женского пола) с ИМТ = 25–30 в возрасте 18–30 лет. Контрольная группа с ИМТ = 18–24,9 была аналогична по численности и составу.

Биоэлементный состав волос определяли посредством РФА на приборе типа СЕР-01 или ElvaX с программным обеспечением «Elvatech MCA Software» и «МК-RE-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.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследования установлено, что питание женщин с повышенной массой тела характеризовалось избытком легкоусвояемых углеводов (на 70% относительно нормативных величин), табл. 1.

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. 2).

Последовательный анализ содержания витаминов в рационе, представленный в табл. 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):

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

Полученное значение коэффициента детерминации (R² = 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.

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

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

Показатель	Физиологическая потребность	Фактическое значение, $\bar{X} \pm \delta$	
		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	0,90–3,0	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
Фолаты, мкг	400–600	250,3 ± 42,7	262,31 ± 79,48

Таблица 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 < 0,01;

*** – статистически значимые различия по отношению к группе сравнения, p < 0,001

Показатель	Физиологическая потребность	Фактическое значение, $\bar{X} \pm \delta$	
		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
Липиды, 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
Фолаты, мкг	400–600	210,39 ± 57,31	240,61 ± 60,46

Таблица 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 < 0,05;

*** – значимые различия по отношению к группе сравнения, p < 0,001.

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 3. Содержание биоэлементов в различных видах водорослей, мкг/г

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 $p < 0,001$) и ($R^2 = 0,977$; $F = 25,256$, при $p < 0,001$) показывают высокую достоверную связь между статусом обследуемого, содержанием данных элементов в рационе и повышенной массой тела, что доказывает

Наименование растения	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
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

Таблица 4. Содержание химических элементов в лекарственных растениях (плоды), мкг/г

их высокую значимость для прогнозирования нарушения обмена кальция и калия. Исследованные параметры определяют соотношение Ca/K 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 Ca/K 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 Ca к K.

В группе наблюдения с ИМТ = 25–30 обнаружена обратная взаимозависимость концентраций K и Cd, а также соотношения Ca/K 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. Для этого были проведены исследования методом РФА элементного состава биологически активных комплексов – водорослей, лекарственных растений, которые можно применять для

обогащения хлебобулочных изделий. Результаты представлены в табл. 3, 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 спирулина 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, М54–25 и могут быть рекомендованы для обогащения хлебобулочных изделий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Коэффициент соотношения Са/К 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 Са/К > 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 Са/К 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 Са/К 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. ■

*Работа профинансирована Белорусским республиканским фондом фундаментальных исследований в рамках международного проекта Б10МС-003 (2019–2021 гг.).

■ **Summary.** The aim of the work is to assess changes in the bioelement status of overweight persons using the method of X-ray fluorescence analysis and to identify its correlations with nutritional features. It has been found that in a group of men with body mass index 25-30, the Ca/K ratio > 5 in 64 % of the surveyed, and the Zn/Cu ratio > 8 in 72 % of persons. Thus, it can be seen that in a group of men with increased body weight, the activity of calcium-regulating hormones is increased in 64%. In a group of women with body mass index 25-30, the Ca/K ratio > 5 in 92 % of the surveyed patients, and the Zn/Cu ratio > 8 in 56 %. It has been shown that with increased body weight, the activity of calcium-regulating hormones is increased in 92 % of the surveyed women. To construct the multiple regression equation, a matrix of paired correlation coefficients of factor levels is calculated and analyzed. The value of the Ca/K ratio in men is determined by the intake of potassium, calcium, iron, molybdenum, lead, and cadmium with food. The Ca/K ratio in women is determined by the intake of calcium, manganese, and sulfur with food. To normalize the work of calcium-regulating mechanisms, it is necessary to control the intake of these elements into the body.

■ **Keywords:** obesity, gender, bioelements, x-ray fluorescence analysis, mathematical statistics, body mass index, biochemistry.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-11-75-79>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ожирение: этиология, патогенез, клинические аспекты / под ред. И.И. Дедова, Г.А. Мельниченко. – М., 2006.
2. Дэниел Г. Бессесен, Роберт Кушнер. Избыточный вес и ожирение. Профилактика, диагностика и лечение. – М., 2004.
3. Дорошевич В.И. Статус питания и здоровье человека // Медицинские новости. 2003. №4. С. 18–26.
4. Faghihian H. Rahbarnia H. Determination of trace elements in hair of some local population in Iran by instrumental neutron activation analysis // J. of Radioanalytical a. Nuclear Chemistry. 2002. Vol. 251. №3. P. 427–430.
5. Fomon S.J. Nutrition of normal infants. St. Louis. – Mosby, 1993.

Полный список использованных источников размещен

 <http://innosfera.by/2021/11/bioelements>

Статья поступила в редакцию 19.04.2021 г.