

УДК 613.2

DOI: 10.17072/1994-9952-2020-1-54-62.

Д. Р. Хисматуллин^{a,b}, В. М. Чигвинцев^b, Д. А. Кирьянов^{a,b}

^a Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

^b ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения, Пермь, Россия

ВЛИЯНИЕ МИКРО- И МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Рассмотрено влияние поступающих с продуктами питания микро- и макроэлементов на здоровье человека в разных возрастных группах. Их потребление было установлено путем прямого анкетирования. В качестве анкетированных выступили две категории населения Пермского края: учащиеся общеобразовательных учреждений г. Перми и Кунгура, и рабочие нефтегазовой промышленности. Анкета содержала информацию о суточном потреблении продуктов питания, их объеме и особенностях приготовления. Данные о содержании в продуктах биологически значимых элементов были получены из литературных источников. Среди учащихся распространено избыточное потребление белков, жиров и холестерина и недостаточное потребление йода и марганца. Для опрошенных взрослых характерен избыток потребления белков, жиров и холестерина и недостаток потребления пищевых волокон, калия, магния, йода, витаминов В1 и В2, марганца. Проведенное математическое моделирование позволило установить достоверные связи возникновения различных заболеваний с потребляемыми элементами. Наибольшее количество ассоциированных связей с биологически значимыми элементами показали нервная система, кожа и подкожная клетчатка, а среди микро- и макроэлементов – селен и железо, по 6 моделей на каждый элемент.

Ключевые слова: питание; здоровье; микроэлементы; макроэлементы; заболеваемость.

D. R. Khismatullin^{a,b}, V. M. Chigvintsev^b, D. A. Kiryanov^{a,b}

^a Perm State University, Perm, Russian Federation

^b Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, Perm, Russia

THE EFFECT OF MICRO AND MACRO ELEMENTS IN FOOD ON HUMAN HEALTH

The article discusses the effect of micro-macroelements coming from food on human health in different age groups. The consumption of micro- and micronutrients was established by direct questionnaire. Two categories of the population of the Perm Territory acted as questionnaires: students of educational institutions of Perm and Kungur and workers of the oil and gas industry. The questionnaire contained information about the daily consumption of food products, their volume and cooking features. The survey was conducted by direct questionnaire, as a result of which information was obtained on the consumption of various food products. Based on available literature, the amount of food consumed was converted to the amount of biologically significant elements consumed. Excessive intake of proteins, fats and cholesterol and insufficient intake of iodine and manganese are common among the children surveyed. The interviewed adults are characterized by an excess of protein, fat and cholesterol intake and a lack of dietary fiber, potassium, magnesium, iodine, vitamins B1 and B2, and manganese. As a result of mathematical modeling, reliable relationships were established between the occurrence of various diseases and the consumption of elements. The largest number of associated bonds with biologically significant elements was shown by the nervous system and skin and subcutaneous tissue. The largest number of associated bonds among micro and macro elements was found in selenium and iron, with 6 patterns for each element.

Key words: nutrition; health; micronutrients; macronutrients; incidence.

Введение

Сохранение здоровья граждан Российской Федерации является задачей первостепенной важности в большинстве социальных программ страны. В стратегии развития медицинской науки особое внимание придается формированию здорового об-

раза жизни. Наряду с физическими нагрузками и отсутствием вредных привычек, питание является важной составляющей здорового образа жизни. Вместе с питанием в организм человека поступают химические вещества, оказывающие прямое влияние на физическое состояние.

Организм человека при взаимодействии со сре-

дой обитания подвергается не только положительному, но и негативному воздействию химических веществ, поступающих с продуктами питания и питьевой водой. Помимо непосредственного раздражающего эффекта на стенки желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), микро- и макроэлементы могут накапливаться в организме и оказывать системное воздействие через кровь, поступающую к органам. Нерегулярное и несбалансированное питание может вызвать сбои в работе органов, тканей и систем организма. Физиологические нарушения выражаются в виде снижения общего качества жизни и психологического комфорта, а также дополнительных случаев заболеваний, инвалидности и преждевременной смерти.

Цель работы – анализ влияния потребления микроэлементов с продуктами питания на здоровье человека.

Материалы и методы

Потребление биологически значимых элементов выяснялось путем анкетирования учащихся и рабочих Пермского края. Всего в анкетировании приняло участие 798 чел., из них 431 – работники цехов добычи нефти и газа и 367 – учащиеся образовательных учреждений Пермского края. Анкета содержала информацию:

- о типах продуктов: безалкогольные напитки; кондитерские изделия; масложировые продукты; мед; молоко; молочные и кисломолочные продукты; мукомольно-крупяные изделия; мясные продукты, готовые к употреблению; мясо и мясные полуфабрикаты; овощи (в т.ч. корнеплоды и зелень); продукция из мяса птицы, готовая к употреблению; продукция из овощей, готовая к употреблению; птица, птицеводческие продукты и полуфабрикаты, готовые к употреблению; рыба, полуфабрикаты из рыбы и другие гидробионты; рыбные продукты и другие гидробионты, готовые к употреблению (в т.ч. консервы); сахар; фрукты; хлебобулочные изделия; яйцо.

- об особенностях потребления: суточное потребление продуктов; количество потребления продукта в неделю; доля типов приготовления; сколько раз в неделю вы едите на ночь, сколько раз в день вы принимаете пищу и процентное распределение суточного рациона.

Полученные данные были преобразованы в суточное потребление биологически значимых элементов, таких как: белки; жиры; углеводы; калорийность; холестерин; пищевые волокна; органические кислоты; натрий; калий; кальций; магний; фосфор; железо; йод; аскорбиновая кислота; тиамин; рибофлавин; селен; марганец; хром; кобальт.

Данные о содержании в продуктах элементов были заимствованы из справочника Химический состав и калорийность... [2002]. Рекомендуемые

суточные границы потребления микро- и макроэлементов взяты из методического документа Нормы физиологических потребностей... [2009].

При отклонении от рекомендуемой нормы потребления питательных веществ существует вероятность возникновения ассоциированной заболеваемости. С помощью регрессионного анализа были идентифицированы 55 пар моделей, характеризующие возникновение ассоциированной заболеваемости в результате положительного или отрицательного отклонения значения потребления питательных веществ от существующих нормативных показателей. Для взрослого населения было построено 24 модели, для детей – 31 модель. Все построенные модели, помимо соответствия статистическим критериям значимости, проходили медико-биологическую экспертизу.

Парные модели, отражающие зависимость «экспозиция – ответ» позволили получить оценку вероятности развития конкретных ответов от воздействия ненормативного поступления питательных веществ. Анализ параметров парной модели, отражающей зависимость «экспозиция – вероятность ответа», проводился построением логистической регрессионной модели

$$p = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1 x)}}$$

где p – вероятность отклонения ответа от нормы; x – уровень экспозиции; b_0 , b_1 – параметры математической модели.

Для построения модели использовались значения маркеров экспозиции из таблицы данных и соответствующие им значения вероятностей. Определение параметров математической модели (b_0 , b_1) производилось методом наименьших квадратов с применением пакета Statistica 10.

Результаты и их обсуждение

С помощью анализа анкетирования, для обеих возрастных категорий было изучено потребление каждого из продуктов питания и количество поступающих микро- и макроэлементов. Поступающие химические элементы были соотнесены с суточной нормой потребления и были выделены те, чье потребление каким-то образом отклонялось от рекомендуемой суточной нормы потребления. Исследованное детское население Пермского края потребляет следующие вещества выше рекомендуемой нормы:

- белки (74.11% опрошенных);
- жиры (71.12% опрошенных);
- холестерин (56.95% опрошенных).

Ниже рекомендуемой суточной нормы детское население потребляет:

- йод (61.85% опрошенных);
- марганец (75.75% опрошенных).

Исследованное взрослое население Пермского края употребляет выше рекомендуемой суточной нормы потребления следующие биологически значимые элементы:

- белки (67.05% опрошенных);
- жиры (53.13% опрошенных);
- холестерин (68.45% опрошенных).

Ниже рекомендуемой суточной нормы взрослое население Пермского края потребляет:

- пищевые волокна (52.9% опрошенных);
- кальций (52.67% опрошенных);
- магний (55.22% опрошенных);
- йод (58.93% опрошенных);
- В1 (54.52% опрошенных);
- В2 (58.00% опрошенных);
- марганец (55.68% опрошенных).

При сравнении двух сборных групп населения: взрослые и дети, в результате математического моделирования были установлены достоверные различия в поступлении микро- и макроэлементов. Так, с продуктами питания в организм детей поступает меньше натрия (6 052 мг у детей, 7 956 мг у взрослых при минимальной норме в 1 300 мг/сут.), аскорбиновой кислоты (120.09 мг у детей, 133.11 мг у взрослых при минимальной норме в 90 мг/сут.), марганца (1 491 мкг у детей, 2 123 мкг у взрослых при максимальной норме в 2 000 мкг/сут), кобальта (78.34 мкг у детей, 93.38 мкг у взрослых при рекомендуемой норме в 10 мкг/сут.) и больше кальция (1 197 мг у детей, 1 088 мг у взрослых при суточной потребности в 1 000–2 500 мг/сут).

Поступление химических элементов, в ходе математического моделирования, было связано с возникновением ассоциированной заболеваемости. Далее будут рассмотрены модели, описывающие влияние на здоровье одних из наиболее распространенных биологически значимых элементов.

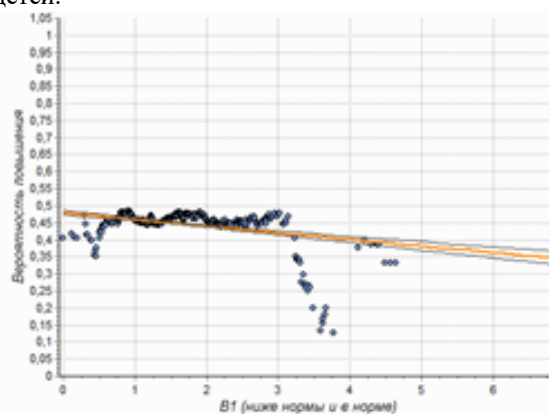
Заболеваемость, ассоциированная с потреблением В1 (тиамина)

Проведено моделирование взаимосвязи тиамин и различных заболеваний. Наибольший интерес представляет связь витамина В1 с болезнями нервной системы.

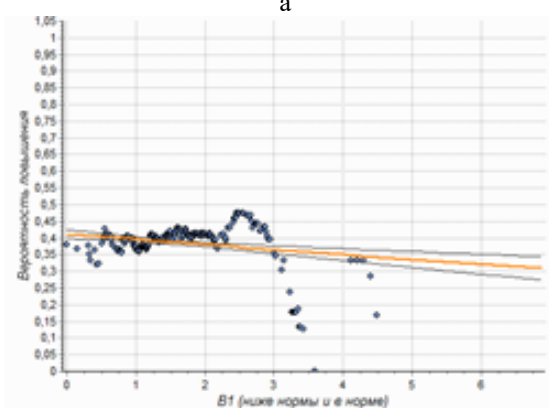
При уменьшении количества поступающего витамина В1 (тиамина), возрастает количество ассоциированных случаев заболеваемости болезнями нервной системы как у детей, так и у взрослых. Параметры полученных моделей для взрослых: $b_0 = -0.079$; $b_1 = -0.08$; $R^2 = 0.12$. Параметры полученных моделей для детей: $b_0 = -0.35$; $b_1 = -0.065$; $R^2 = 0.05$. Полученная взаимосвязь показана на рис. 1.

При сравнении двух моделей по параметру b_1 , можно сделать вывод, что влияние недостатка ти-

амина оказывает более сильное влияние на развитие болезней нервной системы у взрослых, а не у детей.



а



б

Рис. 1. Взаимосвязь заболеваемости нервной системы взрослых (а) и детей (б) и количества поступающего с продуктами питания В1

Развитие болезней нервной системы в связи с недостатком тиамин связано, в первую очередь, с влиянием В1 на состояние ацетилхолиновых систем. Тиамин пиридоксаль – ключевой ко-фактор ферментов цикла Кребса и пентозного шунта транскетолазы – биохимических реакций, обеспечивающих нормальное функционирование нейрональных мембран, энергетических процессов в клетке [Бельская и др., 2016].

Заболеваемость, ассоциированная с потреблением кальция

Недостаточное потребление кальция оказывает влияние на множество органов и систем. Полученная модель отображает количество случаев заболеваемости нервной системы, ассоциированной с потреблением кальция.

Анализ данных позволил установить достоверную связь между недостаточным потреблением кальция среди детей и взрослых и возникновению болезней нервной системы. Параметры полученной модели для взрослого населения: $b_0 = -0.8$; $b_1 = 1.1 \cdot 10^{-4}$; $R^2 = 0.09$. Параметры полученной моде-

ли для детского населения: $b_0 = -0.28$; $b_1 = 1.7 \cdot 10^{-4}$; $R^2 = 0.14$. Полученная зависимость представлена на рис. 2.

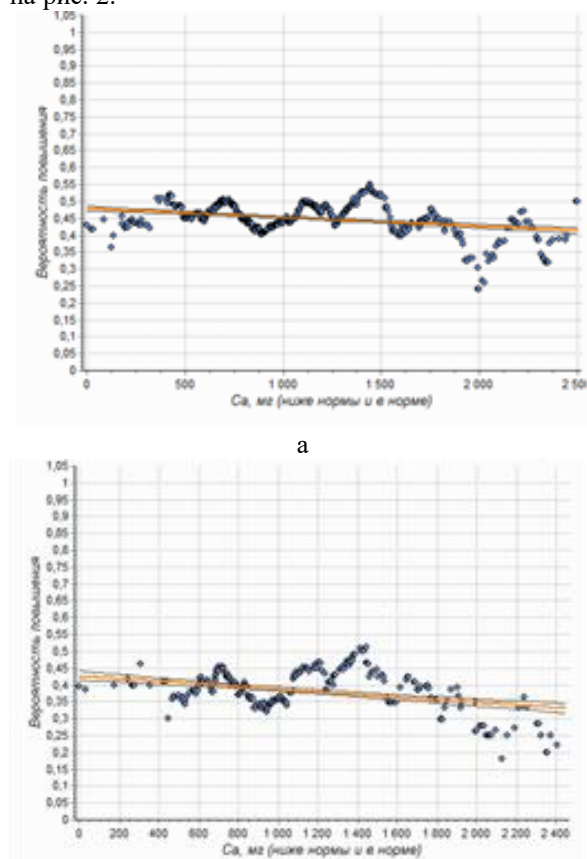


Рис. 2. Взаимосвязь болезней нервной системы взрослых (а) и детей (б) и количества поступаемого с пищей кальция

При сравнении моделей по параметру b_1 установлено, что наибольшее влияние на возникновение болезней нервной системы оказывает недостаток потребления с продуктами питания кальция у детского населения. При этом в пожилом возрасте, в связи с дефицитом движения ионов, происходит снижение кальций-зависимых биохимических процессов и нейрофизиологических процессов и может привести к патологическим и поведенческим изменениям. Эти изменения в пожилом возрасте могут вызвать увеличение неврологических расстройств [Nedergaard, Rodríguez, Verkhatsky, 2010].

Заболееваемость, ассоциированная с потреблением йода

Проведено математическое моделирование взаимосвязи потребления йода и развития различных заболеваний. В качестве иллюстрации наиболее актуальной представляется модель зависимости возникновения болезней эндокринной системы, связанных с поступающим с пищей йодом.

В результате математического моделирования были получены достоверные модели, описываю-

щие зависимость болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушения обмена веществ от поступления йода с продуктами питания. Параметры полученной модели для взрослых: $b_0 = 0.16$; $b_1 = 7.9 \cdot 10^{-4}$; $R^2 = 0.26$. Параметры полученной модели для детей: $b_0 = 0.12$; $b_1 = 7 \cdot 10^{-4}$; $R^2 = 0.11$. Полученные взаимосвязи представлены на рис. 3.

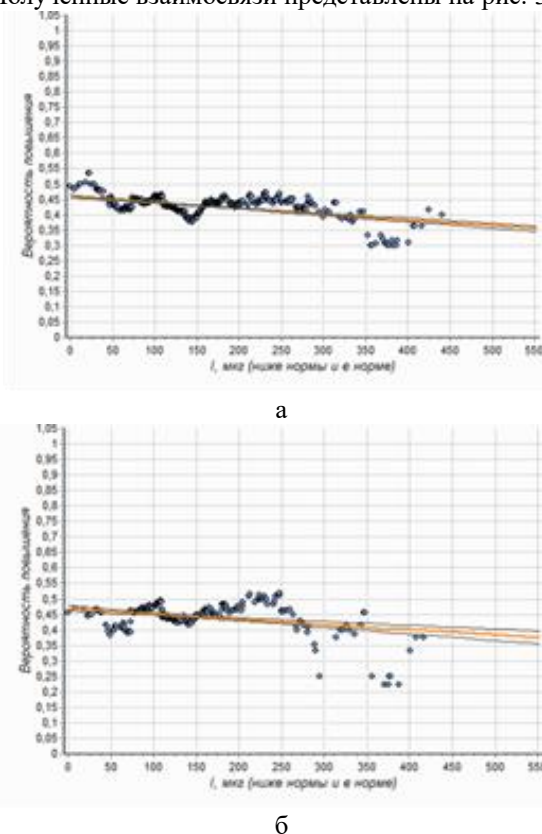


Рис. 3. Взаимосвязь болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушения обмена веществ для взрослых (а) и детей (б) и количества поступаемого с пищей йода

При сравнении двух моделей по параметру b_1 было выявлено, что наибольшее негативное влияние на возникновение болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушения обмена веществ недостаток потребления йода оказывает у взрослого населения. Пермский край относится к йододефицитным регионам в связи с его удаленностью от моря. По данным ВОЗ, среди населения, проживающего в йододефицитных регионах, 740 млн. чел. имеют эндемический зуб [Кочергина, 2008]. Негативными последствиями диеты с низким содержанием йода является не только возникновение эндемического зоба у населения, но и снижение интеллекта, а также увеличивается вероятность рождения детей с эндемическим кретинизмом – тяжелой умственной отсталостью, связанной с выраженным дефицитом йода во время внутриутробного развития плода. Йод незаменим для производства гормонов щитовидной железы: трийодтиронина (Т3) и тироксина (Т4). Щитовидная железа активно всасывает йод. Под воздействием так называемого «йодного насоса» происходит избирательное

повышение концентрации йода в щитовидной железе против градиента концентрации йода в плазме крови. Йод регулирует гормоногенез в щитовидной железе и регулирует гормоногенез тиреоцитов. Установлено, что зоб образуется под влиянием внутритиреоидных факторов роста и что при нормальной концентрации йода в щитовидной железе тиреотропный гормон (ТТГ) не стимулирует ее рост. Чем меньше содержание йода в щитовидной железе, тем больше активизируются ин-тратиреоидные факторы роста. Это приводит к диффузному увеличению щитовидной железы, когда она за счет напряжения компенсаторных механизмов поддерживает уровень гормонов в пределах нормы [Ерёмин, 2010].

Заболеваемость, ассоциированная с потреблением калия

Проведено моделирование взаимосвязи потребления калия и развития заболеваний. Ниже описаны полученные математические модели.

Были получены достоверные модели, описывающие зависимость болезней мочеполовой системы взрослого и детского населения от поступающего в организм калия с продуктами питания. Параметры модели для взрослого населения: $b_0 = -1.8$; $b_1 = -8.4 \cdot 10^{-5}$; $R^2 = 0.17$. Параметры модели для детского населения: $b_0 = -1.7$; $b_1 = -7.4 \cdot 10^{-5}$; $R^2 = 0.15$. Модели, описывающие зависимость, показаны на рис. 4.

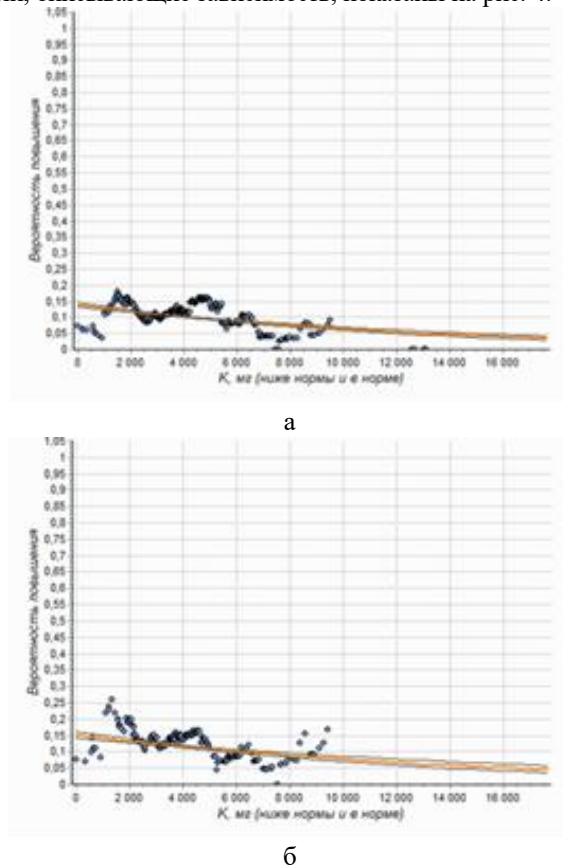


Рис. 4. Взаимосвязь болезней мочеполовой системы взрослых (а) и детей (б) и поступаемого в организм с пищей калия

При сравнении двух моделей по параметру b_1 было выявлено, что наибольшее негативное влияние на возникновение болезней мочеполовой системы недостаток потребления калия оказывает у взрослого населения. Снижение заболеваемости мочеполовой системы, в первую очередь, связано с протективным действием калия на развитие мочекаменной болезни [Weaver, 2013; McDonough, Youn, 2017].

В результате математического моделирования были получены достоверные модели, описывающие зависимость болезней органов пищеварения от поступающего в организм калия с продуктами питания. Параметры модели для взрослого населения: $b_0 = -0.25$; $b_1 = -7.8 \cdot 10^{-6}$; $R^2 = 0.01$. Параметры модели для детского населения: $b_0 = -0.017$; $b_1 = -1.2 \cdot 10^{-5}$; $R^2 = 0.01$. Модели представлены на рис. 5.

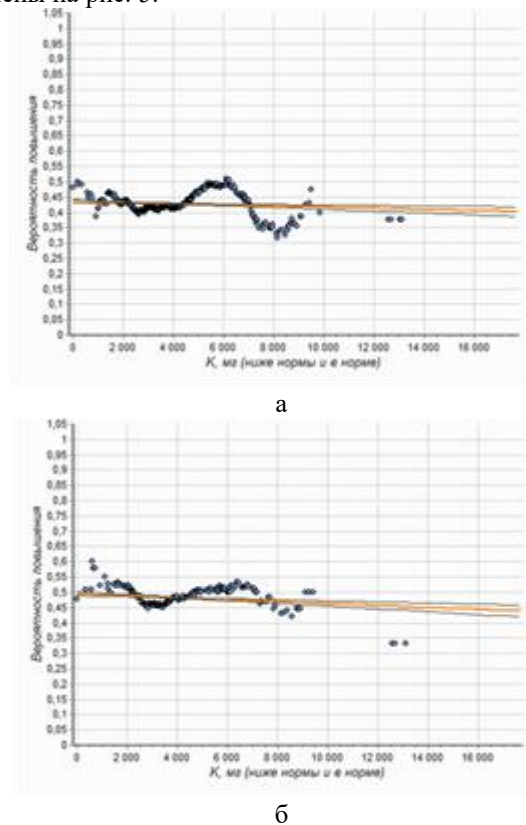


Рис. 5. Взаимосвязь болезней органов пищеварения взрослых (а) и детей (б) и поступаемого в организм калия

При сравнении двух моделей по параметру b_1 было выявлено, что наибольшее негативное влияние на возникновение болезней мочеполовой системы недостаток потребления калия оказывает у взрослого населения.

Заболеваемость, ассоциированная с потреблением магния

С целью выявления влияния магния на организм человека было проведено математическое

моделирование. В качестве примеров были выбраны модели, описывающие возникновение болезней мочеполовой и эндокринной систем.

В результате математического моделирования были получены достоверные модели, описывающие зависимость болезней мочеполовой системы взрослого и детского населения от количества поступающего магния с продуктами питания. Параметры полученной модели для взрослого населения: $b_0 = -1.8$; $b_1 = -6.6 \cdot 10^{-4}$; $R^2 = 0.22$; для детского населения: $b_0 = -1.5$; $b_1 = 0.0011$; $R^2 = 0.27$. Взаимосвязи представлены на рис. 6.

При сравнении двух моделей по параметру b_1 было выявлено, что наибольшее негативное влияние на возникновение болезней мочеполовой системы недостаток потребления магния с продуктами питания оказывает у детского населения.

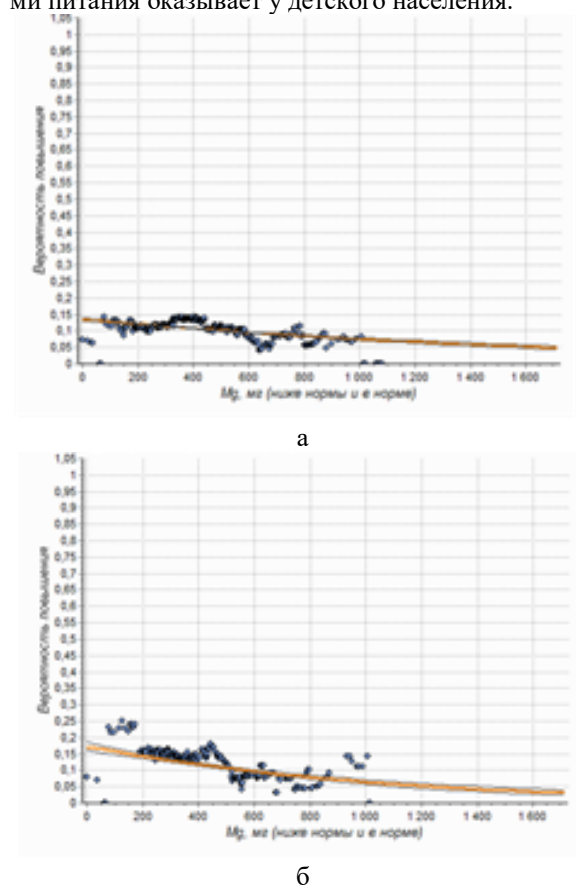


Рис. 6. Взаимосвязь болезней мочеполовой системы у взрослых (а) и детей (б) и поступающего с пищей магния

В результате математического моделирования были получены достоверные модели, описывающие зависимость болезней эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ от недостатка поступающего с продуктами питания магния. Параметры полученной модели для взрослого населения: $b_0 = -0.17$; $b_1 = -2.5 \cdot 10^{-4}$; $R^2 = 0.16$. Параметры полученной модели для детского населения: $b_0 = -0.18$; $b_1 = 7.3 \cdot 10^{-5}$; $R^2 = 0.01$. Полученная зависимость представлена на рис. 7.

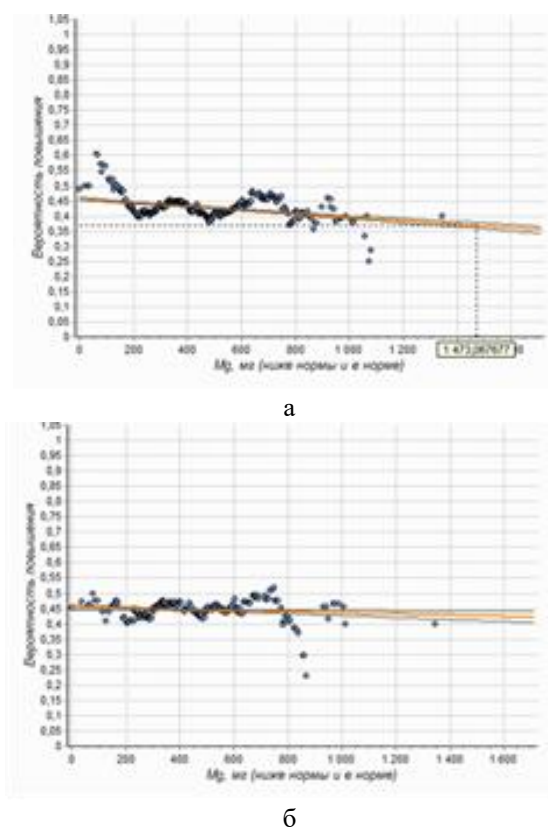


Рис. 7. Взаимосвязь болезней эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ у взрослых (а) и детей (б) и поступающего с пищей магния

При сравнении двух моделей по параметру b_1 было выявлено, что наибольшее негативное влияние на возникновение болезней эндокринной системы, расстройств питания и нарушения обмена веществ недостаток потребления магния с продуктами питания оказывает у взрослого населения. Магний является четвертым наиболее распространенным минералом и вторым внутриклеточным катионом после калия. Магний участвует в более чем 600 ферментативных реакциях, включая энергетический обмен и синтез белка. Магний также играет важную роль в проводимости нервной ткани, сердечной возбудимости, нервно-мышечной проводимости, мышечном сокращении, вазомоторном тоне, кровяном давлении и метаболизме глюкозы и инсулина. Из-за многих функций магния в организме, он играет важную роль в профилактике заболеваний и общего состояния здоровья. Низкие уровни магния были связаны с рядом хронических заболеваний, включая мигрень, болезнь Альцгеймера, цереброваскулярную травму (инсульт), гипертонию, сердечно-сосудистые заболевания и сахарный диабет 2 типа [Volpe, 2013; de Baaij, Hoenderop, Bindels, 2015].

Заболееваемость, ассоциированная с потреблением селена

Воздействие селена на возникновение заболеваемости было проанализировано в ходе математического моделирования. В качестве примеров выбраны модели, описывающие возникновение заболеваемости кожи и подкожной клетчатки, инфекционных и паразитарных заболеваний, ассоциированных с селеном.

В результате математического моделирования, были построены достоверные модели, описывающие зависимость возникновения болезней кожи и подкожной клетчатки от потребления селена ниже рекомендуемой суточной нормы. Параметры модели для взрослого населения: $b_0 = -1.8$; $b_1 = -0.002$; $R^2 = 0.11$. Параметры моделей для детского населения: $b_0 = -1.4$; $b_1 = -0.0021$; $R^2 = 0.10$. Ассоциированные связи представлены на рис. 8.

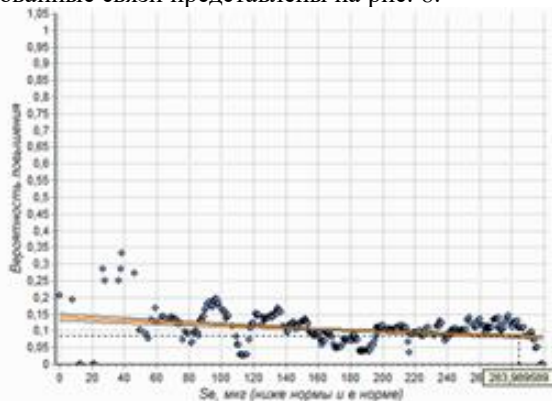


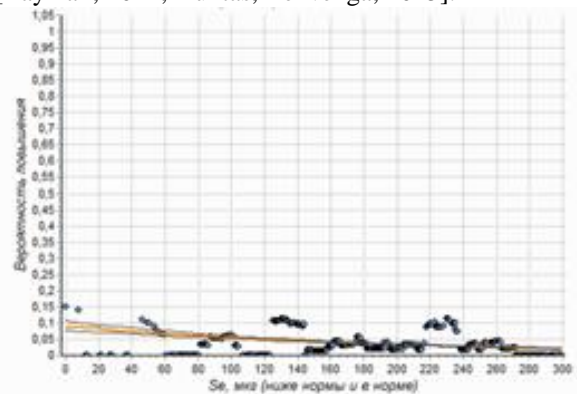
Рис. 8. Взаимосвязь болезней кожи и подкожной клетчатки у детей и поступаемого с пищей селена

При сравнении двух моделей по параметру b_1 было выявлено, что наибольшее негативное влияние на возникновение болезней кожи и подкожной клетчатки недостаток селена оказывает у детского населения. Характерная особенность селена, как микроэлемента, поступающего с пищей, в его U-образном характере воздействия. Как избыточное, так и недостаточное количество потребляемого селена может вызвать развитие одного и того же заболевания [Rayman, 2012].

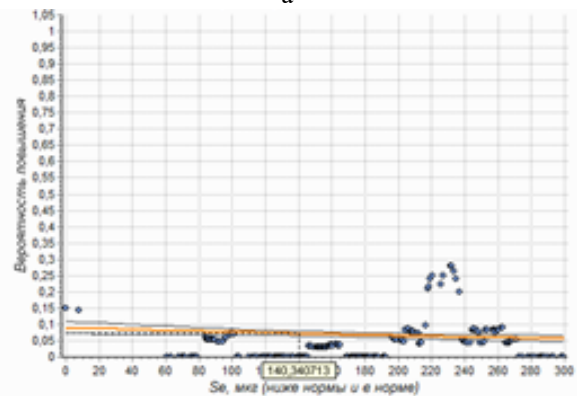
В результате математического моделирования были построены модели, описывающие зависимость возникновения некоторых инфекционных и паразитарных болезней от поступаемого в организм человека селена с продуктами питания. Параметры модели для взрослого населения: $b_0 = -2.3$; $b_1 = -0.0052$; $R^2 = 0.20$. Параметры модели для детского населения: $b_0 = -2.3$; $b_1 = -0.0017$; $R^2 = 0.044$. Полученные связи показаны на рис. 9.

При сравнении по параметру b_1 было выявлено, что наибольшее негативное влияние на возникновение болезней кожи и подкожной клетчатки недостаток селена оказывает у взрослого населения.

Селен необходим для правильного функционирования иммунной системы, в связи с его способностью улучшать активность Т-лимфоцитов [Rayman, 2012; Duntas, Benvenga, 2015].



а



б

Рис. 9. Взаимосвязь некоторых инфекционных и паразитарных болезней у взрослых (а) и детей (б) и поступаемого с пищей селена

Заключение

Анализ среднесуточного потребления веществ, среди всех опрошенных взрослых (431 человек) выявил потребление выше рекомендуемой суточной нормы белков (наблюдается у 67.05% опрошенных), жиров (53.13%), холестерина (68.45%). Потребление ниже среднесуточной физиологической потребности в химических веществах наблюдается у пищевых волокон (наблюдается у 52.9% опрошенных), кальция (52.67%), магния (55.22%), йода (58.93%), витамина В1 (54.52%), витамина В2 (58.00%), марганца (55.68%).

Анализ среднесуточного потребления веществ, среди всех опрошенных детей (367 человек) выявил потребление выше рекомендуемой суточной нормы белков (наблюдается у 74.11% опрошенных), жиров (71.12%), холестерина (56.95%). Потребление ниже среднесуточной физиологической потребности в химических веществах у йода (61.85%), марганца (75.75%).

Всего в результате моделирования было по-

строено 55 моделей, из которых 24 описывали заболеваемость взрослого населения и 31 – заболеваемость детского населения. Шесть из 55 моделей представляют ассоциированную заболеваемость с поступающим в организм селеном. Также 6 моделей приходится на ассоциированную заболеваемость с поступающим в организм кальцием. Железо, калий и витамин В2 имеют по пять моделей, описывающих заболеваемость, ассоциированную с недостаточным или превышающим уровнем потребления данных веществ. Наиболее чувствительными к воздействию поступающих биологически значимых элементов и питательных веществ оказались нервная система, кожа и подкожная клетчатка. На данный класс болезней приходится 24 модели.

Полученные модели могут быть использованы в качестве исходной информации для формирования оптимальной диеты различным группам населения Пермского края. С опорой на полученные результаты, актуальным является составление рекомендательных материалов, в целях снижения и предупреждения развития заболеваний, ассоциированных с продуктами питания.

Библиографический список

- Андреичев Н.А., Балеева Л.В. Железодефицитные состояния и железодефицитная анемия // Вестник современной клинической медицины. 2009. Т. 2, № 3. С. 60–65.
- Бельская Г.Н. и др. Комплекс витаминов в лечении неврологической патологии // Эффективная фармакотерапия. 2016. № 35. С. 48–52.
- Ерёмин Ю.Н. Питание и эндемический зоб (итоги собственных исследований) // Известия Уральского государственного экономического университета. 2010. №1 (27). С. 124–131.
- Кочергина И.И. Эндемический зоб и другие йододефицитные заболевания // Медицинский совет. 2008. № 3-4. С. 13–17.
- Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: МР 2.3.1.2432-08. М., 2009. 36 с.
- Химический состав и калорийность российских продуктов питания: справочник справочник / под ред. И.М. Скурихина и В.А. Тутельяна. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.
- de Baaij J.H., Hoenderop J.G., Bindels R.J. Magnesium in man: implications for health and disease // *Physiol. Rev.* 2015. Vol. 95(1). P. 1–46.
- Duntas L.H., Benvenega S. Selenium: an element for life // *Endocrine.* 2015. 48(3). P. 756–775.
- McDonough A.A., Youn J.H. Potassium Homeostasis: The Knowns, the Unknowns, and the Health Benefits // *Physiology (Bethesda).* 2017. Vol. 32(2) P. 100–111.
- Nedergaard M., Rodríguez J.J., Verkhatsky A. Glial calcium and diseases of the nervous system // *Cell Calcium.* 2010. Vol. 47(2). P. 140–149.
- Rayman M.P. Selenium and human health // *Lancet.* 2012. Vol. 379 (9822). P. 1256–1268.
- Volpe S.L. Magnesium in disease prevention and overall health // *Adv. Nutr.* 2013. Vol. 4(3). P. 378–383.
- Weaver C.M. Potassium and health // *Adv. Nutr.* 2013. Vol. 4(3) P. 368–377.

References

- Andreichev N.A., Baleeva L.V. [Iron deficiency and iron deficiency anemia]. *Vestnik sovremennoj kliničeskoj mediciny.* V. 2, N 3 (2009): pp. 60-65. (In Russ.).
- Belskaya G.N., Luzanova E.I., Sergienko D.A., Stepanova S.B., Makarova L.D. [Vitamin complex in the treatment of neurological pathology]. *Effektivnaja farmakoterapija.* N 35 (2016): pp. 48-58 (In Russ.).
- de Baaij J.H., Hoenderop J.G., Bindels R.J. Magnesium in man: implications for health and disease. *Physiol Rev.* V. 95(1) (2015): pp. 1-46.
- Duntas L.H., Benvenega S. Selenium: an element for life. *Endocrine.* V. 48(3) (2015): pp. 756-775.
- Eremin Yu.N. [Nutrition and endemic goiter (results of own research)]. *Izvestija Ural'skogo gosudarstvennogo ėkonomičeskogo universiteta.* N 1(7) (2010): pp. 124-131. (In Russ.).
- Kochergina I.I. [Endemic goiter and other iodine deficiency diseases]. *Medicinskij sovet.* N 3-4 (2008): pp. 13-17. (In Russ.).
- McDonough A.A., Youn J.H. Potassium Homeostasis: The Knowns, the Unknowns, and the Health Benefits. *Physiology (Bethesda).* V. 32(2) (2017): pp. 100-111.
- Nedergaard M., Rodríguez J.J., Verkhatsky A. Glial calcium and diseases of the nervous system. *Cell Calcium.* V. 47(2) (2010): pp. 140-149.
- Normy fiziologičeskich potrebnostej v ėnergii i piščevyeh veščestvach dlja različnyh grupp naselenija Rossijskoj Federacii. MР 2.3.1.2432-08* [Norms of physiological requirements for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation]. Moscow, 2009. 36 p. (In Russ.).
- Rayman M.P. Selenium and human health. *Lancet.* V. 379 (9822) (2012): pp. 1256-1268.
- Skurihin I.M, Tutelian V.A., eds. *Chimičeskij sostav i kalorijnost' rossijskich produktov pitaniija* [The Chemical Composition and Caloric Content of Russian Food: A Guide]. Moscow, DeLi print Publ., 2012. 236 p. (In Russ.).
- Volpe S.L. Magnesium in disease prevention and overall health. *Adv Nutr.* V. 4(3) (2013): pp. 378-383.

Weaver С.М. Potassium and health. *Adv Nutr.* V. 4(3) (2013): pp. 368-377.

Поступила в редакцию 04.02.2020

Об авторах

Хисматуллин Дмитрий Расулевич, магистрант кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности, биологический факультет ФГБОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

ORCID: 0000-0002-7615-6816
614990, Пермь, ул. Букирева, 15

лаборант-исследователь отдела математического моделирования систем и процессов ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения» 614045, Пермь, ул. Монастырская, 82; hisdr@fcrisk.ru; (342)2371804

Чигвинцев Владимир Михайлович, кандидат физико-математических наук научный сотрудник отдела математического моделирования систем и процессов

ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения»

ORCID: 0000-0002-0345-3895
614000, Пермь, Монастырская, 82; cvm@fcrisk.ru; (342)2371804

Кирьянов Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, заведующий отделом математического моделирования систем и процессов ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения»

ORCID: 0000-0002-5406-4961
614000, Пермь, Монастырская, 82; kda@fcrisk.ru; (342)2371804

доцент кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности

ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» 614990, Пермь, ул. Букирева, 15

About the authors

Khismatullin Dmitry Rasulevich, Master of the Department of Human Ecology and Life Safety, Faculty of Biology Perm State University.

ORCID: 0000-0002-7615-6816
15, Bukirev str., Perm, Russia, 614990

Laboratory Assistant, Department of Mathematical Modeling of Systems and Processes FBSI "FSC of Medical-Preventive Health Risk Management Technologies".

82, Monastyrskaya Str., Perm, Russia, 614045; hisdr@fcrisk.ru; (342) 2371804

Chigvintsev Vladimir Mikhaylovich, candidate of physical and mathematical sciences, fellow research of situation modeling and expert and analytical management techniques laboratory FBSI "FSC of Medical-Preventive Health Risk Management Technologies".

ORCID: 0000-0002-0345-3895
82, Monastyrskaya Str., Perm, Russia, 614045; cvm@fcrisk.ru; (342)2371804

Kiryakov Dmitry Aleksandrovich, candidate of technical sciences, head of the Department of mathematical modeling of systems and processes FBSI "FSC of Medical-Preventive Health Risk Management Technologies".

ORCID: 0000-0002-5406-4961
82, Monastyrskaya Str., Perm, Russia, 614045; kda@fcrisk.ru; (342)2371804

associate professor of the Department of human ecology and life safety Perm State University.

15, Bukirev str., Perm, Russia, 614990

Информация для цитирования:

Хисматуллин Д.Р., Чигвинцев В.М., Кирьянов Д.А. Влияние микро- и макроэлементов в продуктах питания на здоровье человека // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2020. Вып. 1. С. 54–62. DOI: 10.17072/1994-9952-2020-1-54-62.

Khismatullin D.R., Chigvintsev V.M., Kiryanov D.A. [The effect of micro and macro elements in food on human health]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologija.* Iss. 1 (2020): pp. 54-62. (In Russ.). DOI: 10.17072/1994-9952-2020-1-54-62.

