

# Системный анализ в медицине и биологии

## Проблема экологии питания: системный анализ и IT-решение

Н.С. ПОТЕМКИНА, В.Н. КРУТЬКО, А.В. ХАЛЯВКИН, А.М. МАРКОВА

Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия

**Аннотация.** В работе представлены результаты системного анализа взаимосвязи индивидуального питания, экологии и экономики. Обоснована возможность создания и внедрения в повседневную практику здоровых, сбалансированных, полноценных, профилактических и отвечающих современным экологическим требованиям рационов питания, основанных на выборе типовых для России продуктов питания. Широкое распространение таких рационов с помощью сетевых технологий может способствовать решению проблем устойчивого развития природы и общества.

**Ключевые слова:** *здоровье; экология; полноценное питание; влияние питания на экологию; компьютерная оптимизация диет.*

**DOI:** 10.14357/20790279230210

### Введение

Глобальные изменения в мире, связанные с экономическим развитием и урбанизацией привели к разрушению традиционной культуры питания. На смену пришло стандартизированное питание с большим количеством продуктов животноводства, обработанных, рафинированных продуктов и уменьшенным объемом натуральных растительных продуктов. Общеизвестно, что именно в результате этих изменений в питании значительно увеличилась заболеваемость диабетом II-го типа, ишемической болезнью сердца, онкологическими и другими хроническими неинфекционными заболеваниями (ХНИЗ), увеличивающими общий риск смерти и снижающими продолжительность жизни [1, 2]. Ряд исследований показал, что производство многих продуктов питания создает огромные экологиче-

ские нагрузки, не являясь необходимым следствием наших потребностей [3–5]. Поэтому представляется интересным и полезным определить, как выбор продуктов питания каждым отдельным человеком может повлиять на здоровье населения в целом и состояние окружающей среды.

Целью данной работы является системный анализ взаимовлияния индивидуального питания, экологии и экономики, а также обоснование возможности создания и внедрения в повседневную практику здоровых, сбалансированных, полноценных и отвечающих современным экологическим требованиям рационов питания, основанных на выборе типовых для России продуктов питания. Широкое распространение таких рационов может способствовать решению проблем устойчивого развития природы и общества.

### 1. Системный анализ взаимосвязи индивидуального питания, экологии и экономики

Для того, чтобы выявить взаимосвязи выбора продуктов питания населением с проблемами здоровья и экологии был проведен системный анализ научных исследований [1-10, 12-14], направленных на изучение влияния индивидуального питания на здоровье населения и состояние окружающей среды. Результаты этого анализа обобщены нами в виде структурной схемы взаимосвязей индивидуального выбора продуктов питания, здоровья населения, некоторых экологических и экономических проблем (рис. 1).

Как видно из рисунка, выбор продуктов населением оказывает глобальное влияние на здоровье, экологические и экономические проблемы. Реализация массового спроса на продукты питания, через торговлю, влияет на сельское хозяйство и пищевую промышленность. Поэтому выбор населением здоровых продуктов питания может привести к позитивным последствиям не только для здоровья, но и для окружающей среды. Продовольственные системы оказывают значительное давление на экологию планеты, включая изменение климата, деградацию и истощение земель и водных ресурсов,

сокращение биоразнообразия, что, в свою очередь, приводит к нарушению продовольственной безопасности и угрожает здоровью населения [4 – 7].

«Если в мире будут широко использоваться диеты, полезные для здоровья, мы сможем не только предотвратить хронические неинфекционные заболевания, связанные с диетой, но и сократить глобальные выбросы парниковых газов, уменьшить площади сельскохозяйственных земель, сократить вымирание многих видов растений и животных и предотвратить катастрофическое снижение биоразнообразия. Коллективный вклад многих людей, ведущих здоровый образ жизни, включая использование диет, в которых животные продукты частично или полностью заменены растительными, положительно скажется не только на их индивидуальном здоровье, но может предотвратить глобальную экологическую катастрофу» [1].

Однако здоровому выбору продуктов питания препятствует ряд причин, зависящих от государственной политики в сферах производства и потребления продуктов питания, экологии и здоровья населения. Главная среди них – обилие дискреционных продуктов в магазинах, т.е. таких, которые не содержат в себе необходимых для организма веществ, но при этом содержат много соли, саха-

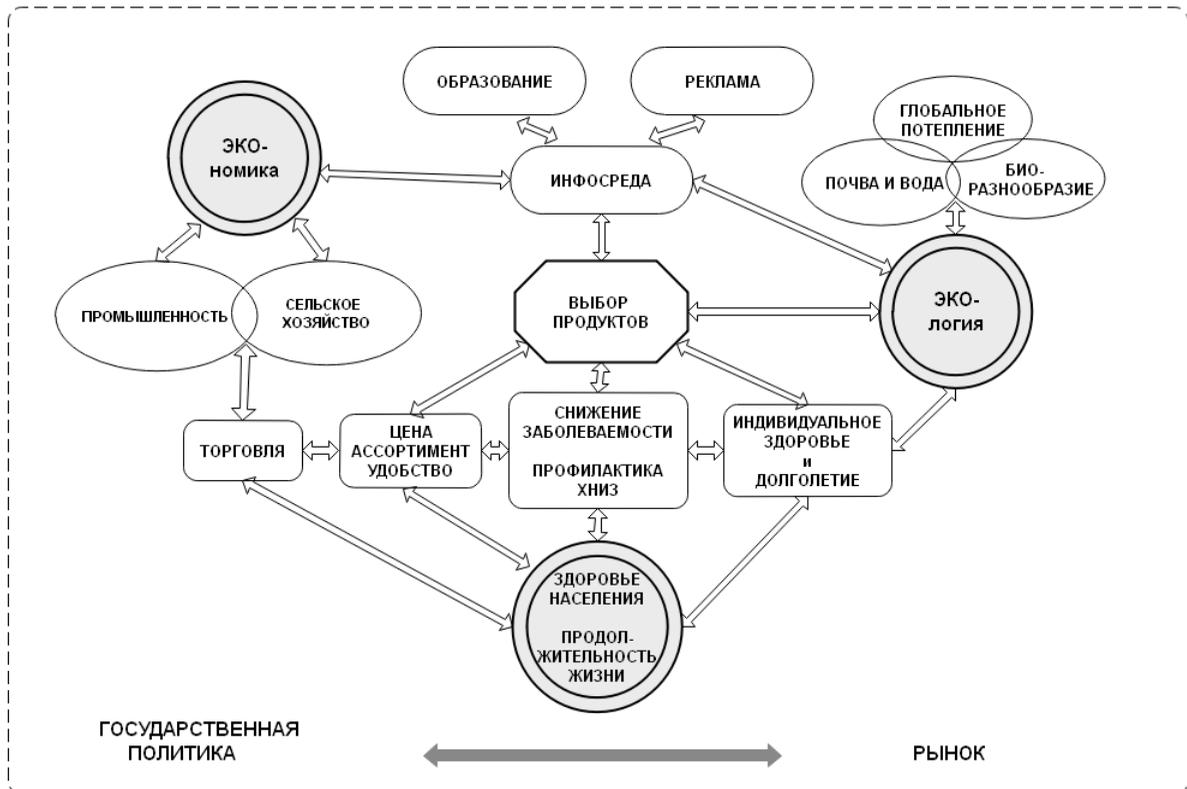


Рис. 1. Структурная схема взаимосвязей индивидуального выбора продуктов питания с экологией, экономикой и здоровьем

ра, жиров и мало витаминов. Содержат усилители вкуса и консерванты, а также обладают высокой калорийностью и вызывают привыкание. Эти продукты дешевле полезных, удобно упакованы, часто не требуют приготовления, поэтому просты в употреблении, а для большинства потребителей вкус, стоимость и удобство считаются более важными, чем качество, полезность и натуральность [10]. Здоровому выбору препятствует недобросовестная реклама и недостаточный уровень образования населения.

В ряде недавних исследований показано, что хорошо сбалансированные рационы с минимальным содержанием мясных и молочных продуктов, а также сбалансированные вегетарианские рационы объединяют преимущества для здоровья, окружающей среды и экономики [1 - 11]. Считается, что наиболее здоровыми, обеспечивающими профилактику большинства хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ) и экологически щадящими, являются средиземноморская и EAT-Lancet диета [15], а также вегетарианство [7]. Переход на растительные рационы может сократить землепользование (связанное с питанием) на 76%, выбросы парниковых газов – на 49%, эвтрофикацию – на 49% и использование воды – на 14-21% [16]. Также известно, что сокращение производства дискреционных продуктов, оказывающих негативное воздействие на здоровье и окружающую среду, вызывающих метаболический синдром и сопутствующие заболевания [9], может снизить количество парниковых газов на 43% и предотвратить возникновение многих заболеваний. Таким образом, небольшие комплексные изменения в диете могут иметь большое значение одновременно для окружающей среды и здоровья человека [1,2,9,10]. Примечательным является тот факт, что технологии, наносящие меньший ущерб окружающей среде, оказываются и более полезными для здоровья человека [1, 9, 11]. Системное решение этой проблемы, как следует из рис. 1, заключается в подходе, объединяющем развитие органического сельского хозяйства, уменьшение и грамотную утилизацию пищевых отходов, снижение производства и потребления животного белка и дискреционных продуктов и увеличение производства и потребления бобовых, овощей и фруктов. Увеличение производства и потребления бобовых послужит полезным дополнением к животным белкам и, одновременно, источником органических азотных удобрений. Такой подход будет содействовать охране здоровья населения, защите среды обитания и достижению целей устойчивого развития [1,10–14].

Однако возникают некоторые опасения, связанные с возможной неполноценностью рационов с пониженным содержанием, либо с полным отсутствием животных продуктов. Задача нахождения рационального баланса между требованиями формирования здоровых рационов, их экологической безопасностью и гигиеническими нормативами достаточно сложна и может быть эффективно решена с помощью методов компьютерной оптимизации индивидуального питания. Ранее эти методы были использованы авторами для оптимизации состава Продовольственной корзины РФ [11].

## 2. Разработка рациона питания, отвечающего гигиеническим и экологическим требованиям

За основу типового для РФ здорового питания выбран рацион, утвержденный Приказом Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614 «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» [17]. На основе списка продуктов, приведенного в приказе, нами был сформирован предварительный продуктовый набор, предназначенный для употребления одним человеком в течение одного дня (рацион BASE). В набор вошли продукты из следующих групп: зерновые и бобовые, включая крупы, муку и хлеб в пересчете на муку; картофель, овощи и бахчевые; фрукты; сахар и кондитерские изделия; белковые продукты, включая мясо, птицу, рыбу; молочные продукты, включая молоко, кефир, масло сливочное, сыр и сметану; яйца куриные; масло растительное. Количество продуктов определялось путем пересчета величин, приведенных в приказе в единицах кг/год, в г/день.

Для облегчения процесса оптимизации и учитывая один из главных принципов здорового питания – разнообразие продуктов в рационе, мы старались сделать этот набор возможно более разнообразным, но учитывающим ориентировочные цены на продукты и выбирая наиболее дешевые. Сформированный таким образом набор продуктов был принят за исходный для выполнения процедуры оптимизации. В процессе оптимизации исходный набор изменялся и дополнялся за счет продуктов, богатых недостающими нутриентами с целью удовлетворения диетических рекомендаций и достижения нормативных требований по большинству нутриентов [17]. При этом мы придерживались основных характеристик средиземноморской диеты, практически признанной наилучшей [15]. К этим характеристикам относятся

высокое потребление оливкового масла, бобовых, орехов, злаков, фруктов и овощей, умеренное потребление рыбы и молочных продуктов, низкое потребление мяса, особенно красного, низкое или нулевое потребление дискреционных продуктов. В то же время мы учитывали реальный ассортимент продуктов в РФ.

Оптимизация выполнена с помощью компьютерной системы «Питание для здоровья и долголетия» [19,20], которая предназначена для оценки фактического питания, оптимизации рациона методом линейного программирования и включает в себя интерактивную процедуру, позволяющую изменять условия решения задачи оптимизации. Критерием оптимизации в нашем случае была минимизация отклонения калорийности рациона от 2800 ккал в день, что соответствует калорийности набора продуктов, сформированного на основе рекомендаций МЗ для трудоспособного активного человека [17]. В качестве ограничений заданы условия, которым должен соответствовать нутриентный состав рациона и масса употребляемых пищевых продуктов. А именно – содержание каждого нутриента в оптимальном рационе должно быть не меньше нормативного значения и не больше максимально допустимого [18]. Одновременно с этим масса каждого продукта в рационе ограничена сверху в соответствии с диетическими рекомендациями [17]. Список основных оптимизируемых нутриентов включает 30 нутриентов и представлен рис. 2 и 3. Стоимость рациона не оптимизировалась, т.к. это привело бы к значительному и неоправданному усложнению задачи, учитывая, что мы ориентировались на недорогие повседневные продукты.

Оценка нутриентного состава выполнялась на основе данных о содержании нутриентов в продуктах питания [21,22] и российских нормативов потребления [18], нормированных на 1000 ккал.

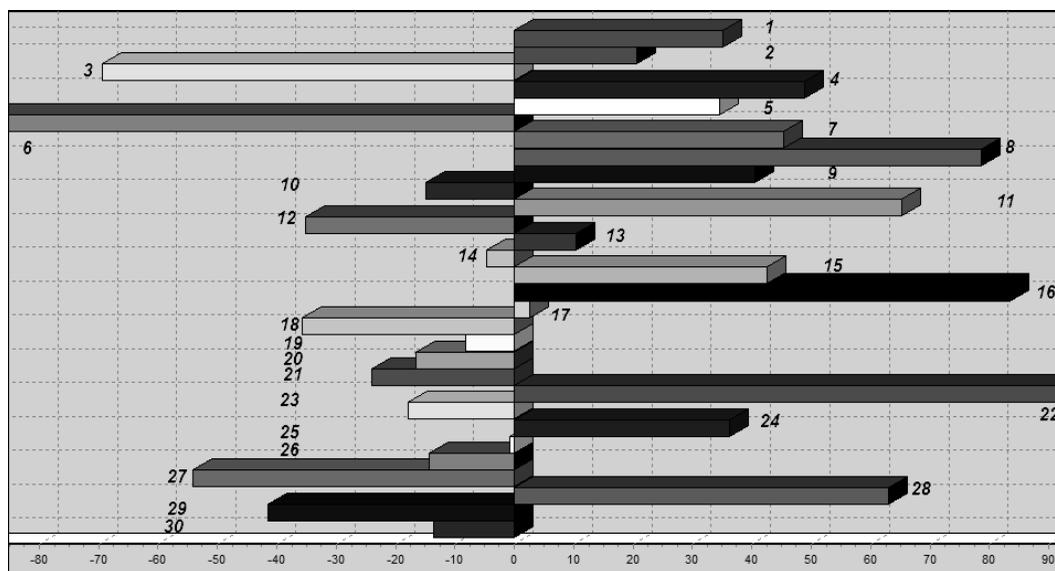
Хотелось бы отметить, что большинство работ по оптимизации питания, посвящены теоретическим вопросам создания «диетических моделей», сочетающих ограничения в отношении питания, стоимости, экологии и приемлемости. Эти модели не предназначены для создания реалистичной диеты, а скорее определяют типы продуктов, необходимые для удовлетворения ограничений рекомендуемого диетического потребления энергии и питательных веществ с наименьшими затратами [23,24]. Как правило, в этих работах показано, что совместить все требования к рациону, включая стоимость, реалистичный ассортимент, диетические ограничения и национальные особенности невозможно. В то время как нашей задачей

является разработка оптимального рациона для практического применения. Возможность создания такого рациона была продемонстрирована в нашей публикации по оптимизации продовольственной корзины РФ [11].

В рамках сформулированной цели исследования и учитывая взаимосвязи между питанием и экологией, мы попытались получить продуктовый набор, который может послужить основой для создания здоровых, профилактических и экологически щадящих рационов, подходящих для питания россиян. По сравнению с Продовольственной корзиной РФ, которая была оценена и оптимизирована в работе [11], рацион, рекомендованный МЗ, является значительно более богатым и разнообразным, что закономерно положительно сказалось на его нутриентном составе (рис. 2, рацион BASE).

Оценка рациона, сформированного на основе рекомендаций МЗ показала, что в рационе BASE достаточное количество белков, витаминов В12, В6, Е, С, тиамин. Рацион является полноценным по таким минералам, как железо, калий, марганец, селен и фосфор. Следует отметить, что если превышение норматива по белку на 33% может считаться несколько избыточным (хотя в ряде работ рекомендуется повышенное потребление белка, особенно для пожилых), то превышение нормативов по минералам и водорастворимым витаминам, полученное за счет натуральных продуктов даже полезно, т.к. нормативы указывают на минимально необходимое количество нутриентов. А в ряде вполне обычных ситуаций – повышенные физические или психические нагрузки, неблагоприятная окружающая среда – потребности организма могут значительно превышать эти нормы. В то же время рацион BASE нельзя назвать полноценным, т.к. в нем явно недостает витаминов А и D, пантотеновой кислоты, рибофлавина, фолатина, йода, кальция, магния, хрома и цинка, а также пищевых волокон. Поэтому в нашу задачу входит не только модифицировать этот рацион таким образом, чтобы он отвечал экологическим требованиям, но и сделать его соответствующим требованиям здорового питания.

Первый из рассмотренных нами вариант экологически щадящего рациона отличается от рациона BASE только тем, что все мясные продукты и курица были заменены на мясо индейки, которое считается наиболее полезным и безопасным мясом птицы. В то же время производство мяса птицы оказывает значительно меньшее воздействие на окружающую среду, чем производство красного мяса [4]. Расчеты показывают, что нутриентный состав этого рациона практически не отличается



**Рис. 2.** Отклонения в % содержания нутриентов в рационе BASE от нормативных значений:

- 1 – белки, 2 – бета-каротин, 3 – витамин А, 4- витамин В12, 5.- витамин В6, 6 - витамин D, 7 – витамин Е, 8 – витамин С, 9 – железо, 10– йод, 11 – калий, 12 – кальций, 13 - липиды, 14 – магний, 15 – марганец, 16 – МНЖК, 17 – НЖК, 18 – натрий, 19 – ниацин, 20 – пантотеновая кислота, 21 – пищевые волокна, 22 – ПНЖК, 23 – рибофлавин, 24 – селен, 25 – тиамин, 26 – углеводы, 27– фолацин, 28 – фосфор, 29 – хром, 30 - цинк

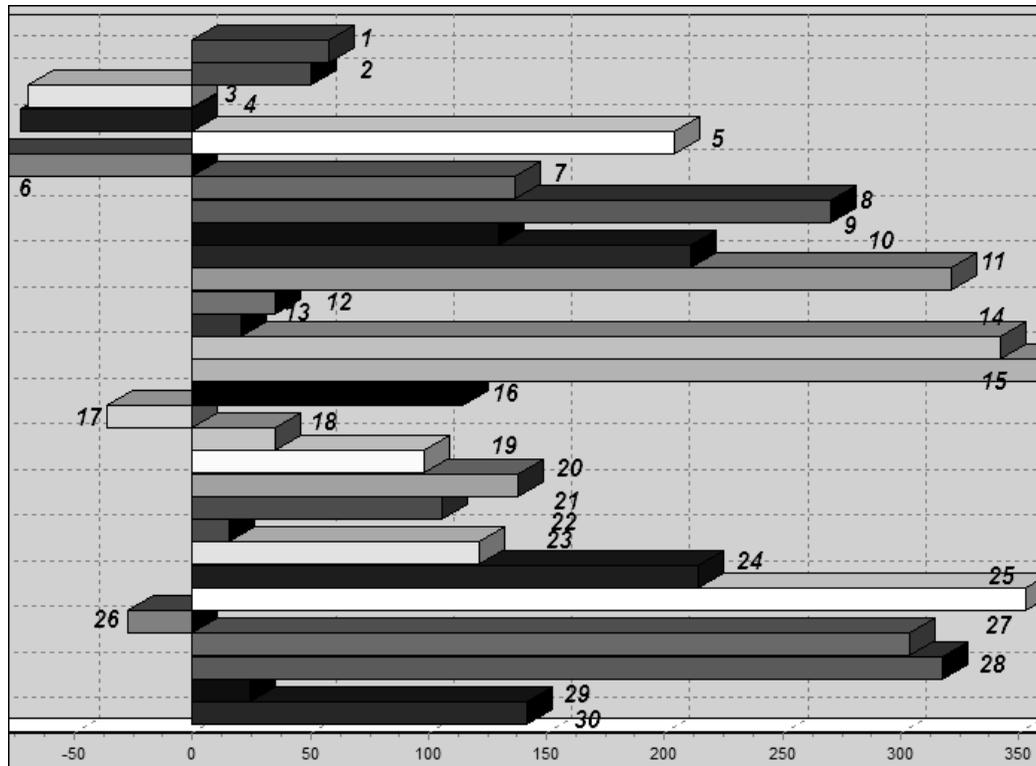
от нутриентного состава рациона BASE, поэтому он здесь не приводится. Можно отметить, что в нем несколько уменьшилось количество тиамина, зато возросло содержание ниацина и селена. Таким образом, этот рацион, по крайней мере, не хуже по составу, чем рацион BASE, но более экологически приемлем.

Рацион ECO получен путем удаления из рациона BASE всех мясных продуктов с последующей оптимизацией нутриентного состава. Интерактивные возможности программы «Питание для здоровья и долголетия» использовались для изменения состава набора продуктов для оптимизации и ее ограничений, оставаясь в рамках заданных изначально условий. В процессе этих изменений мы варьировали состав набора за счет выбора разнообразных продуктов из приведенных выше групп, добавили не включенные в рекомендации орехи и некоторые популярные специи, включили оливковое масло. В результате в рационе было увеличено разнообразие овощей и зелени, расширен ассортимент овощей и фруктов, бобовых, добавлены орехи, специи и водоросли. Однако до тех пор, пока мы не включили в набор продуктов для оптимизации пророщенные зерна и микрорезель, нутриентный состав которых значительно богаче практически всех растительных продуктов, решить поставленную нами задачу оптимизации не удава-

лось. И только расширение рекомендованного МЗ набора продуктов за счет пророщенных зерен и микрорезели позволило получить оптимальный по большинству нутриентов вегетарианский рацион ECO, нутриентный состав которого представлен на рис. 3.

Оба рациона BASE и ECO имеют близкую калорийность – около 2800 ккал, соответствующую расчетной по рекомендациям МЗ [17] для взрослого трудоспособного человека, ведущего активный образ жизни. Все имеют значительный дефицит по витаминам А и D. Но дефицит витамина А компенсируется избытком бета-каротина. В обоих рационах примерно одинаковое содержание белка. В рационе ECO, кроме этого, как и следовало ожидать, существенно снижено содержание витамина В12, что является стандартным для рационов с ограниченным количеством продуктов животного происхождения. Дефицит углеводов и насыщенных жирных кислот (НЖК) объясняется полным отсутствием в рационе дискреционных продуктов, содержащих простые сахара и насыщенные жиры (например, торт), что следует отнести к достоинствам рациона.

В отношении большинства остальных нутриентов, как видно из рис. 2, рацион ECO имеет неоспоримые преимущества перед BASE и является практически сбалансированным и полноценным,



**Рис. 3.** Отклонения в % содержания нутриентов в рационе ЕСО от нормативных значений: 1 – белки, 2 – бета-каротин, 3 – витамин А, 4 – витамин В12, 5 – витамин В6, 6 – витамин D, 7 – витамин Е, 8 – витамин С, 9 – железо, 10 – йод, 11 – калий, 12 – кальций, 13 – липиды, 14 – магний, 15 – марганец, 16 – МНЖК, 17 – НЖК, 18 – натрий, 19 – ниацин, 20 – пантотеновая кислота, 21 – пищевые волокна, 22 – ПНЖК, 23 – рибофлавин, 24 – селен, 25 – тиамин, 26 – углеводы, 27 – фолацин, 28 – фосфор, 29 – хром, 30 – цинк

а витамины D и В12 в вегетарианских рационах обычно компенсируются добавками. Таким образом, мы показали возможность создания рациона, отвечающего экологическим требованиям, практически полноценного по нутриентному составу и, благодаря своей полноценности по витаминам и минералам, являющегося профилактическим для многих неинфекционных заболеваний [11]. В рационе преимущественно использованы обычные для населения РФ продукты питания. Проросшие ростки и микрозелень также не являются необычными продуктами питания и продаются в супермаркетах. Препятствием для широкого использования таких рационов является недостаточная осведомленность населения, необоснованно завышенные цены на овощи, фрукты и зелень, избыток дискреционных продуктов в магазинах, недобросовестная реклама, и недостатки государственной политики, направленной на профилактику болезней и оздоровление населения.

Варьируя овощи, фрукты, бобовые и орехи, проросшие зерна, зелень и специи можно добиться большого разнообразия индивидуальных

здоровых и экологически безопасных рационов, с учетом местных условий и отвечающих заданным диетическим требованиям, а разработанный рацион может служить образцом (прототипом) для создания таких рационов.

Структурная схема роли индивидуального выбора продуктов в формировании глобального устойчивого питания (рис. 1) показывает, как массовое использование здоровых рационов могло бы повлиять не только на здоровье населения, но и на экономику и состояние окружающей среды. Благодаря наличию в схеме сложных прямых и обратных связей такое влияние могло бы приобрести устойчивый позитивный характер в образовании гармоничной структуры человек – торговля – экономика – экология – здоровье – человек. Практическая реализация этой структуры нуждается в поддержке государственной политики, направленной на конкретные меры поддержки более устойчивых моделей потребления и производства, на повышение культуры питания населения, пропаганду ЗОЖ, запрет рекламы дискреционных продуктов и введение налога на их производство. Также было

бы полезно частично заменить производство красного мяса на мясо птицы.

### Заключение

Проведен анализ рекомендованного МЗ РФ рациона питания (BASE) и показана его дефицитность по ряду важных эссенциальных нутриентов. Показана возможность оптимизации данного рациона и создания на его основе рациона ЕСО, отвечающего экологическим требованиям, полноценного по нутриентному составу и, являющегося профилактическим для ряда неинфекционных заболеваний. В рационе использованы обычные для населения РФ продукты питания с обязательным включением пророщенных зерен. Препятствиями для широкого использования таких рационов является недостаточная осведомленность населения, необоснованно завышенные цены на овощи, фрукты и зелень, избыток дискреционных продуктов в магазинах. Устранению этих препятствий могла бы способствовать государственная политика в области здравоохранения и экологии.

Варьируя овощи, фрукты, бобовые и орехи, пророщенные зерна, зелень и специи можно добиться большого разнообразия индивидуальных здоровых рационов, с учетом местных условий и отвечающих заданным диетическим требованиям. Основой для создания таких рационов могут послужить средиземноморская и вегетарианская диеты.

В целом проблема может быть решена путем создания предложенной авторами сетевой технологии, поддерживающей индивидуальный выбор здорового питания [19, 20, 25]. Такая технология послужит для повышения образования населения в области питания, для повышения общей ее культуры, будет удобным средством для правильного выбора продуктов, формирования индивидуальных здоровых рационов, улучшения здоровья, а также пропаганды здорового спроса на продукты питания. В свою очередь, здоровый спрос может вызвать позитивные изменения в сельском хозяйстве, пищевой промышленности, что снизит продовольственную нагрузку на окружающую среду и улучшит экологическую обстановку, тем самым позитивно влияя на здоровье населения и внося свой вклад в решение проблемы устойчивого развития природы и общества.

### Литература

1. *Tilman D., Clark M.* Global diets link environmental sustainability and human health // *Nature*. 2014. Vol. 515. N 7528. P. 518-522. doi: 10.1038/nature13959
2. *Springmann M, Wiebe K, Mason-D'Croz D, et al.* Health and nutritional aspects of sustainable diet strategies and their association with environmental impacts: a global modelling analysis with country-level detail. // *Lancet Planet Health*. 2018. Vol. 2, N10. P.451-61. doi: 10.1016/S2542-5196(18)30206-7
3. *Poore J, Nemecek T.* Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. // *Science*. 2018. Vol. 360, N 6392. P. 987-992. doi: 10.1126/science.aag0216.
4. *Clark M., Tilman D.* Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. // *Environmental Research Letters*. 2017. Vol.12, N6. P. 064016. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6cd5>
5. *Corrado S., Luzzani G., Trevisan M., et al.* Contribution of different life cycle stages to the greenhouse gas emissions associated with three balanced dietary patterns. // *Sci Total Environ*. 2019. Vol. 660. P. 622-630. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.12.267/
6. *Segovia-Siapco G., Sabaté J.* Health and sustainability outcomes of vegetarian dietary patterns: a revisit of the EPIC-Oxford and the Adventist Health Study-2 cohorts // *European journal of clinical nutrition*. 2019. Vol. 72, N 1. P. 60-70.
7. *Fresán U, Sabaté J.* Vegetarian Diets: Planetary Health and Its Alignment with Human Health. *Adv Nutr*. 2019 Nov 1;10(Suppl\_4):S380-S388. doi: 10.1093/advances/nmz019. PMID: 31728487; PMCID: PMC6855976.
8. *Esteve-Llorens X, Darriba C, Moreira MT, et al.* Towards an environmentally sustainable and healthy Atlantic dietary pattern: Life cycle carbon footprint and nutritional quality. // *Sci Total Environ*. 2019. Vol. 646. P.704-15. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.264.
9. *Alexandropoulou I, Goulis DG, Merou T, et al.* Basics of Sustainable Diets and Tools for Assessing Dietary Sustainability: // *A Primer for Researchers and Policy Actors*. Healthcare (Basel). 31 августа 2022 г.;10(9):1668.
10. *Кравченко А. А, Неяскина Е. В., Ухалова Т. С. и др.* Потребление дискреционных продуктов питания: экологический, экономический и социальный каркас. // *Экономические Науки*. 2019. Вып. 174. doi: 10.14451/1.174.23.
11. *Потемкина Н.С., Крутько В.Н., Мамиконова О.А. и др.* Разработка профилактических и геропротекторных пищевых рационов, оптимизирующих продовольственную корзину на-

- селения РФ. //Вестник восстановительной медицины. 2016.№1.С.69-75.
12. Модель экологической оценки мирового животноводства (ГЛЕАМ). Доступно по:<http://www.fao.org/gleam/results/ru/> (дата обращения 23.03.2022).
  13. *Muller A, Schader C, El-Hage Scialabba N, et al.* Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *NatCommun.* 2017. Vol.8, N1. P. 1290. doi: 10.1038/s41467-017-01410-w
  14. *Ван Мансвельт Я.Д., Темирбекова С.К.* Органическое сельское хозяйство: принципы, опыт и перспективы.//Сельскохозяйственная биология, 2017. Т.52. №3. С.478-486, doi: 10/15389/agrobiology/2017.3.478rus
  15. *Tepper S, Kissinger M, Avital K, Shahar DR.* The Environmental Footprint Associated With the Mediterranean Diet, EAT-Lancet Diet, and the Sustainable Healthy Diet Index: A Population-Based Study. *Front Nutr.* 2022 May 19;9:870883. doi: 10.3389/fnut.2022.870883. PMID: 35662947; PMCID: PMC9161357.
  16. *Gibbs J, Cappuccio FP.* Plant-Based Dietary Patterns for Human and Planetary Health. *Nutrients.* 2022 Apr 13;14(8):1614. doi: 10.3390/nu14081614. PMID: 35458176; PMCID: PMC9024616.
  17. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614 «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания». Доступно по: <https://baybuga-school.ru/doc/PrikazMINZDRAV.pdf> (дата обращения 23.03.2022).
  18. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» Доступно по: [https://www.rosпотреbnadzor.ru/upload/iblock/789/1.-mr-2.3.1.0253\\_21-normy-pishchevykh-veshchestv.pdf](https://www.rosпотреbnadzor.ru/upload/iblock/789/1.-mr-2.3.1.0253_21-normy-pishchevykh-veshchestv.pdf) (дата обращения 23.11.2022).
  19. *Потемкина Н.С.* Проблема здорового питания и возможности ее решения с помощью современных компьютерных технологий.//Вестник восстановительной медицины. 2008.№ 5.С. 63-67.
  20. *Потемкина Н.С., Большаков А.М., Крутько В.Н. и др.* // Информационно-компьютерная поддержка здорового питания как актуальный метод здоровьесбережения и гигиены питания в современных экологических условиях.//Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 11. С. 1078-1083.
  21. Химический состав Российских продуктов питания./Под. ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. М. 2002.
  22. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Retrieved from <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8964> (дата обращения 23.03.2022).
  23. *Chungchunlam SMS, Garrick DP, Moughan PJ.* Using Linear Programming to Determine the Role of Plant- and Animal-Sourced Foods in Least-Cost, Nutritionally Adequate Diets for Adults. *Curr Dev Nutr.* 2021 Nov 3;5(11):nzab132. doi: 10.1093/cdn/nzab132.
  24. *Van Dooren C.* A Review of the Use of Linear Programming to Optimize Diets, Nutritiously, Economically and Environmentally. *Front Nutr.* 2018 Jun 21;5:48. doi: 10.3389/fnut.2018.00048.
  25. *Крутько В.Н., Большаков А.М., Брико И.В. и др.* Интеллектуальная система здоровьесбережения - ИнСиЗ // Вестник восстановительной медицины. 2018.№1.С.14-20.

**Потемкина Наталия Серафимовна.** Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук г. Москва, Россия. Старший научный сотрудник. Кандидат биологических наук. Количество печатных работ: 99. Область научных интересов: информационные технологии, здоровый образ жизни, экология. E-mail: [nspotyomkina@mail.ru](mailto:nspotyomkina@mail.ru) (Ответственный за переписку).

**Крутько Вячеслав Николаевич.** Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук г. Москва, Россия. Главный научный сотрудник, и.о. зав. Отделом. Доктор технических наук, профессор. Профессор кафедры общей гигиены Института общественного здоровья Сеченовского Университета. Количество печатных работ: 346. Область научных интересов: системный анализ и информационные технологии для управления здоровьем и старением. E-mail: [krutkovn@mail.ru](mailto:krutkovn@mail.ru)

**Халявкин Александр Викторович.** Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия. Старший научный сотрудник. Кандидат биологических наук. Количество печатных работ: 50. Область научных интересов: информационные технологии, здоровый образ жизни, геронтология. E-mail: antisenes@mail.ru.

**Маркова Анна Михайловна.** Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия. Старший инженер. Количество печатных работ: 4. Область научных интересов: информационные технологии здоровьесбережения. E-mail: amarkova@gmail.com

### The problem of food ecology: system analysis and its solution

N.S. Potemkina, V.N. Krut'ko, A.V. Khalyavkin, A.M. Markova  
Federal Research Center "Computer Science and Control" of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Abstract.** There is a relationship between human health and the environment. The paper presents the results of a systems analysis of the relationship between individual nutrition, ecology and economics. The possibility of creating and introducing into everyday practice healthy, balanced, full-fledged, preventive and meeting modern environmental requirements diets based on the choice of typical Russian food products is substantiated. The widespread distribution of such diets with the help of network technologies can contribute to solving the problems of sustainable development of nature and society.

**Keywords:** health, ecology; sustainable nutrition; the impact of diet on the environment; computer optimization of diets.

**DOI:** 10.14357/20790279230210

### References

1. *Tilman D., Clark M.* Global diets link environmental sustainability and human health //Nature. 2014. Vol. 515. N 7528. P. 518-522. doi: 10.1038/nature13959
2. *Springmann M, Wiebe K, Mason-D'Croz D, et al.* Health and nutritional aspects of sustainable diet strategies and their association with environmental impacts: a global modelling analysis with country-level detail. //Lancet Planet Health. 2018. Vol. 2, N10. P.451-61. doi: 10.1016/S2542-5196(18)30206-7
3. *Poore J, Nemecek T.* Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. // Science. 2018. Vol. 360, N 6392. P. 987-992. doi: 10.1126/science.aag0216.
4. *Clark M., Tilman D.* Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. //Environmental Research Letters.2017. Vol.12, N6. P. 064016 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6cd5>
5. *Corrado S., Luzzani G., Trevisan M., et al.* Contribution of different life cycle stages to the greenhouse gas emissions associated with three balanced dietary patterns. //Sci Total Environ. 2019. Vol. 660. P. 622-630. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.12.267/
6. *Segovia-Siapco G., Sabaté J.* Health and sustainability outcomes of vegetarian dietary patterns: a revisit of the EPIC-Oxford and the Adventist Health Study-2 cohorts //European journal of clinical nutrition. 2019.Vol. 72, N 1. P. 60-70.
7. *Fresán U, Sabaté J.* Vegetarian Diets: Planetary Health and Its Alignment with Human Health. Adv Nutr. 2019 Nov 1;10(Suppl\_4):S380-S388. doi: 10.1093/advances/nmz019. PMID: 31728487; PMCID: PMC6855976.
8. *Esteve-Llorens X, Darriba C, Moreira MT, et al.* Towards an environmentally sustainable and healthy Atlantic dietary pattern: Life cycle carbon footprint and nutritional quality.//Sci Total Environ. 2019. Vol. 646. P.704-15. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.264.
9. *Alexandropoulou I, Goulis DG, Merou T, et al.* Basics of Sustainable Diets and Tools for Assessing Dietary Sustainability: //A Primer for Researchers and Policy Actors. Healthcare (Basel). 31.08.2022. 10(9):1668.
10. *Kravchenko A. A, Neyaskina E. V., Uhalova T. S., et al.* Potreblenie diskreционnyh produktov pitaniya: ekologicheskij, ekonomicheskij i social'nyj karkas.// Ekonomicheskie Nauki, vyp. 174, 2019. doi: 10.14451/1.174.23
11. *Potemkina N.S., Krut'ko V.N., Mamikonova O.A., et al.* Razrabotka profilakticheskikh i geroprotekturnykh pishchevyh racionov,

- optimiziruyushchih prodovol'stvennyuyu korzину naseleniya RF [Development of preventive and geroprotective food rations optimizing the food basket of the population of the Russian Federation.] *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny*. [Bulletin of Rehabilitation Medicine]. 2016. N 1. P. 69-75. (in Russian)
12. Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM) Available at: <https://www.fao.org/gleam/results/en/> (accessed 13.06.2022).
  13. Muller A, Schader C, El-Hage Scialabba N, et al. Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nat Commun*. 2017. Vol.8, N1. P. 1290. doi: 10.1038/s41467-017-01410-w
  14. Van Mansvel't YA.D., Temirbekova S.K. Organicheskoe sel'skoe hozyajstvo: principy, opyt i perspektivy [Organic agriculture: principles, experience and perspectives] // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya* [Agricultural biology] 2017. Vol. 52, N 3. P. 478-486, doi: 10/15389/agrobiology/2017.3.478rus (in Russian)
  15. Tepper S, Kissinger M, Avital K, Shahar DR. The Environmental Footprint Associated With the Mediterranean Diet, EAT-Lancet Diet, and the Sustainable Healthy Diet Index: A Population-Based Study. *Front Nutr*. 2022 May 19;9:870883. doi: 10.3389/fnut.2022.870883. PMID: 35662947; PMCID: PMC9161357.
  16. Gibbs J, Cappuccio FP. Plant-Based Dietary Patterns for Human and Planetary Health. *Nutrients*. 2022 Apr 13;14(8):1614. doi: 10.3390/nu14081614. PMID: 35458176; PMCID: PMC9024616.
  17. Prikaz Ministerstva zdravoohraneniya RF ot 19 avgusta 2016 g. № 614 "Ob utverzhdenii Rekomendacij poracional'nyh normam potrebleniyapishchevykhproduktov,otvechayushch ih sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya". (inRussian) Available at: <https://baybuga-school.ru/doc/PrikazMINZDRAV.pdf> (accepted 13.06.2022).
  18. Metodicheskie rekomendacii MP 2.3.1.0253-21 "Normy fiziologicheskikh potrebnostej v energii i pishchevyh veshchestvah dlya razlichnyh grupp naseleniya Rossijskoj Federacii" [Guidelines MP 2.3.1.0253-21 "Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation"]
  19. Potemkina N.S. Problema zdorovogo pitaniya i vozmozhnosti ee resheniya s pomoshch'yu sovremennyh komp'yuternyh tekhnologij [The problem of healthy nutrition and the possibility of its solution with the help of modern computer technologies.] // *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny* [Bulletin of Rehabilitation Medicine]. 2008. N5. P. 63-7. (in Russian)
  20. Potemkina N.S., Bolshakov A.M., Krutko V.N. i dr. // *Informacionno-komp'yuternaya podderzhka zdorovogo pitaniya kak aktual'nyj metod zdorov'esberezheniya i gigieny pitaniya v sovremennyh ekologicheskikh usloviyah* [Information-computer support of healthy nutrition as an actual method of health saving and food hygiene in modern environmental conditions]. // *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2017. Vol. 96. No 11. P. 1078-1083. <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-11>. (in Russian)
  21. Skurihin I.M., Tutelyan V.A. Himicheskij sostav rossijskikh produktov pitaniya [Chemical composition of Russian food products ]. 2002 (in Russian).
  22. USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Retrieved from <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8964> (дата обращения 23.03.2022).
  23. Chungchunlam SMS, Garrick DP, Moughan PJ. Using Linear Programming to Determine the Role of Plant- and Animal-Sourced Foods in Least-Cost, Nutritionally Adequate Diets for Adults. *Curr Dev Nutr*. 2021 Nov 3;5(11):nzab132. doi: 10.1093/cdn/nzab132.
  24. van Dooren C. A Review of the Use of Linear Programming to Optimize Diets, Nutritiously, Economically and Environmentally. *Front Nutr*. 2018 Jun 21;5:48. doi: 10.3389/fnut.2018.00048.
  25. Krutko V.N., Bolshakov A.M., Briko A.N., et al. Intellektual'naya sistema zdorov'esberezheniya - InSiZ [ Intellectual health saving system - InSiZ]. // *Vestnik vosstanovitel'noy meditsin* [Bulletin of Rehabilitation Medicine]. 2018. N1. P.14-20 (in Russian).

**Potemkina Natalia Serafimovna.** Federal Research Center "Computer Science and Control" of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher. Number of publications: 99. Research interests: information technology, healthy lifestyle, ecology. E-mail: [nspotyomkina@mail.ru](mailto:nspotyomkina@mail.ru) (Responsible for correspondence).

**Krut'ko Vyacheslav Nikolaevich.** Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. Chief Researcher, Acting Head. Department. Doctor of Technical Sciences, Professor. Professor (part-time) of the Department of General Hygiene of the Institute of Public Health of Sechenov University. Number of publications: 346. Research interests: system analysis and information technologies for health and aging management. E-mail: [krutkovn@mail.ru](mailto:krutkovn@mail.ru)

**Khalyavkin Alexander Viktorovich.** Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. Senior researcher, Candidate of Biological Sciences. Number of printed works: 50. Research interests: information technology, healthy lifestyle, gerontology. E-mail: [antisenesc@mail.ru](mailto:antisenesc@mail.ru).

**Markova Anna Mikhailovna.** Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia. Senior engineer. Number of publications: 4. Area of scientific interests: health-saving information technologies. E-mail: [amarkova@gmail.com](mailto:amarkova@gmail.com)