

УДК: 504.75.06

И.А. Гвоздкова

ЭКОЛОГО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация. В статье анализируются различные варианты применения методов теории игр, линейного и нелинейного программирования для принятия оптимальных эколого-ориентированных решений в сфере управления рисками и обеспечением комплексной безопасности. Представлены примеры математических моделей оценки качества продовольствия, минимизации его вредного воздействия на человека, а также оптимизации функционирования биоэнергетики, основанной на использовании энергетических лесов. Сформулированы рекомендации по внедрению и развитию разработанных эколого-ориентированных методик в интересах рационального природопользования, ресурсосбережения, обеспечения безопасности человека и природно-техногенных комплексов.

Ключевые слова: эколого-ориентированные технологии, экологическая безопасность, социально-экологическая безопасность, природопользование, ресурсосбережение, риски, управление, природно-техногенные комплексы, математические модели, теория игр, линейное программирование, нелинейное программирование, принятие решений, качество продовольствия, биоэнергетика.

Irina Gvozdokva

ECOLOGICALLY ORIENTED MATHEMATICAL MODELS OF RISK MANAGEMENT AND SAFETY

Annotation. The article analyzes different variants of application of game theory, linear and nonlinear programming methods for optimal eco-oriented solutions in the field of risk management and overall safety. The examples of mathematical models of food quality evaluation, minimizing its harmful effects on humans and optimization of bioenergy based on the energy use of forests are presented. Recommendations on the implementation and development of eco-friendly models in the interests of rational nature management, resource saving, human security and natural-anthropogenic complexes are formulated.

Keywords: ecologically oriented technologies, environmental safety, socio-environmental safety, nature management, resource conservation, risk, management, natural-anthropogenic complexes, mathematical models, game theory, linear programming, nonlinear programming, decision-making, the quality of food, bioenergy.

Современная цивилизация является цивилизацией риска: расширяется совокупность угроз современного мира и все чаще наблюдаются катастрофические проявления их реализации. Риском называют предполагаемое событие, способное принести ущерб или убыток. Комплексная безопасность Земли подразумевает защищенность от всех видов воздействия земного и космического происхождения. Научно-технический прогресс сопровождается не только снижением рисков эпидемий, стихийных бедствий и других традиционных угроз для существования человека, но и приводит к глобализации экономических, технологических, техногенных, экологических, энергетических, демографических, политических и иных рисков. Экологический риск – это вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для окружающей среды (ОС) и жизненно важных интересов человека, которое вызвано негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера.

Функционирование и развитие интегрированной междисциплинарной научно-образовательной области, включающей управление экологической и социально-экологической безопасностью, природопользованием, ресурсосбережением, рисками и другие смежные направления, связано в настоящее время главным образом с разработкой эффективных эколого-ориентированных технологий (т.е. технологий, направленных на минимизацию вреда, наносимого ОС, здоровью и иным жиз-

ненно важным интересам человека) [2; 3]. Основной проблемой, связанной с развитием и управлением такими технологиями, является противоречие между экологией и экономикой: то, что экологично, как правило, экономически не выгодно. В XX веке для управления экономикой и социальными процессами стало систематически применяться комплексное математическое моделирование. К практическим задачам моделирования процессов в природно-техногенных комплексах, социально-экономических и общественно-политических системах относятся:

- прогнозирование и программирование их развития;
- разработка планов, в соответствии с которыми должно осуществляться управление их устойчивым развитием. Для повышения эффективности управления природопользованием, ресурсосбережением, охраной окружающей среды и здоровья человека могут быть использованы различные математические подходы.

Безопасность жизнедеятельности людей не может быть достигнута без реализации системы мероприятий, позволяющих защитить их от некачественных продуктов питания. Обеспечение продовольственной безопасности предполагает наличие способности социальных институтов гарантировать доступность продуктов питания для населения в количестве и качестве, необходимом для активной и здоровой жизни. К угрозам и рискам, связанным с употреблением продуктов, которые реализуются на современном продовольственном рынке, относится содержание в их составе генетически модифицированных (трансгенных) организмов (ГМО), болезнетворных бактерий, паразитов, пестицидов, тяжелых металлов, радионуклидов, вредных пищевых добавок с индексом Е и т.д. [5]. Специалисты, занимающиеся вопросами генетической безопасности, выделяют три типа угроз, которые несут ГМО: угрозы организму человека (в виде горизонтального переноса небезопасных трансгенных конструкций, аллергических заболеваний, нарушений обмена веществ, развития медленных инфекций, т.е. заболеваний с длительным скрытым периодом и др.), угрозы ОС (в виде появления вегетирующих сорняков, химических загрязнений, разрушений экосистем и др.), глобальные риски (в виде активизации критических вирусов, угроз для экономической безопасности и др.) [4].

Продукт принято относить к категории «экологически чистые (органические) продукты» если: 1) он не содержит генетически модифицированных (ГМ) ингредиентов; 2) в нем не обнаружены компоненты, выращенные при использовании пестицидов, гербицидов, ядохимикатов и искусственных удобрений; 3) в нем нет искусственных консервантов, красителей и вкусовых добавок; 4) он имеет на упаковке специальные лицензионные символы «Органика» [11]. Для оценки качества продуктов питания и оптимального их выбора могут быть использованы математические методы теории игр и принятия решений: метод анализа иерархий, минимаксные и максиминные стратегии, линейное и нелинейное программирование [8; 10]. Данные методы позволяют осуществить выбор продукта с учетом индивидуальных требований потребителя к их качеству. Метод анализа иерархий может быть применен для выбора продукта из нескольких альтернатив.

В общем случае математическая модель задачи выбора альтернативных продуктов питания может выглядеть следующим образом. Потребитель выбирает один продукт определенного вида из трех альтернатив. В качестве основных критериев отбора продовольственных товаров покупатель может выбрать цену, калорийность, содержание белков, жиров, углеводов, витаминов, микро- и макроэлементов, наличие ГМО и вредных добавок и т.д. [5]. Три альтернативных продукта можно обозначить через А, В и С. В соответствующих уравнениях теории игр сумма весовых коэффициентов продуктов по каждому критерию должна быть равна 1 (см. табл. 1).

Сумма весовых коэффициентов критериев тоже должна быть равна 1:

$$C+K+B+J+U+G+V+W+Ma+Mi=1 \quad (1).$$

Весовые коэффициенты продуктов по критерию рассчитываются на основе его абсолютных значений для каждого продукта. Например, пусть цена продукта А составляет 10 руб./100 г, продукта

В – 20 руб./100 г, продукта С – 18 руб./100 г. Ясно, что самым оптимальным с точки зрения цены будет продукт А. Если его весовой коэффициент по цене обозначить как СА, то весовой коэффициент продукта В по цене будет равен $CB=10CA/20$, а коэффициент третьего продукта – $CC=10CA/18$. Решив уравнение $CA+10CA/20+10CA/18=1$, получим: $CA=18/37$, $CB=9/37$ и $CC=10/37$.

Таблица 1

Характеристики альтернативных продуктов питания по методике теории игр

| Критерии выбора продуктов питания | Весовой коэффициент критерия | Весовые коэффициенты продуктов | | |
|--|------------------------------|--------------------------------|-----|-----|
| | | А | В | С |
| Цена (руб./100 г); $CA+CB+CC=1$ | С | CA | CB | CC |
| Калорийность (ккал/100 г); $KA+KB+KC=1$ | К | KA | KB | KC |
| Количество белков (г/100 г); $BA+BB+BC=1$ | В | BA | BB | BC |
| Количество жиров (г/100 г); $JA+JB+JC=1$ | Ж | JA | JB | JC |
| Количество углеводов (г/100 г); $UA+UB+UC=1$ | U | UA | UB | UC |
| Вероятность содержания ГМО; $GA+GB+GC=1$ | G | GA | GB | GC |
| Вероятность содержания вредных добавок; $VA+VB+VC=1$ | V | VA | VB | VC |
| Количество витаминов (г/100 г); $WA+WB+WC=1$ | W | WA | WB | WC |
| Количество макроэлементов (г/100 г); $MA+MB+MC=1$ | Ma | MaA | MaB | MaC |
| Количество микроэлементов (г/100 г); $MI+MB+MC=1$ | Mi | MiA | MiB | MiC |

Весовым коэффициентам, характеризующим содержание ГМО и вредных добавок, могут быть присвоены значения на основе того, насколько сильно покупатель обеспокоен их присутствием в приобретаемых продуктах. Например, в случае серьезной обеспокоенности наличием трансгенных компонентов в продовольствии продуктам с отметкой «Не содержит ГМО» может быть присвоен относительный вес, в 10 раз превосходящий относительный вес продуктов с высокой вероятностью содержания ГМ-источников. Аналогично могут быть определены весовые коэффициенты по критерию «Вероятность содержания вредных добавок».

Рассчитанные весовые коэффициенты критериев выбора необходимо учитывать при вычислении суммарных (комбинированных) весовых коэффициентов для каждого продукта:

$$\begin{aligned}
 A &= CA \cdot C + KA \cdot K + BA \cdot B + JA \cdot J + UA \cdot U + GA \cdot G + VA \cdot V + WA \cdot W + MaA \cdot Ma + MiA \cdot Mi, \\
 B &= CB \cdot C + KB \cdot K + BB \cdot B + JB \cdot J + UB \cdot U + GB \cdot G + VB \cdot V + WB \cdot W + MaB \cdot Ma + MiB \cdot Mi, \\
 C &= CC \cdot C + KC \cdot K + BC \cdot B + JC \cdot J + UC \cdot U + GC \cdot G + VC \cdot V + WC \cdot W + MaC \cdot Ma + MiC \cdot Mi.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Очевидно, что оптимальным выбором для покупателя будет продукт с наивысшим комбинированным весовым коэффициентом.

Выявить наличие ГМ-компонентов без лабораторного исследования пока невозможно, но можно предложить ряд рекомендаций по определению возможного содержания ГМО и вредных добавок в продуктах питания [6]. К зарегистрированным и наиболее распространенным ГМ-культурам относятся соя, картофель, кукуруза, сахарная свекла, рис, рапс, томат и др. Родоначальник трансгенных культур – США, поэтому если стоит отметка, что продукт произведен в данной стране и в его составе есть соя, кукуруза, рапс или картофель, то, вероятнее всего, он содержит трансгенные компоненты. Гринпис выявила ряд компаний, которые используют в своей продукции трансгенные источники (Hershey's, Cadbury, Fruit&Nut, Mars, M&Ms, Snickers, Coca-Cola, Sprite, Fanta, Kinley, Heinz, Nestle, McDonald's и др.). Если на этикетке стоит надпись «растительный белок», это, скорее

всего, соя и, очень вероятно, трансгенная. Часто ГМ-компоненты скрываются за индексом E, обозначающим наличие в составе продуктов пищевых добавок, служащих для улучшения питательных свойств, увеличения срока их годности и придания им лучшего товарного вида. Необходимо знать, за какими E могут скрываться ГМО или их производные. Это, прежде всего, соевый лецитин (E-322), рибофлавин (E-101), карамель (E-150) и ксантан (E-415). Наиболее часто встречающиеся названия, за которыми скрываются генетически модифицированные добавки, соевое масло, растительное масло, мальтодекстрин, глюкоза, аспартам и декстроза.

Еще одной рекомендацией к определению возможного содержания ГМ-компонентов является тот факт, что большинство генетически модифицированных продуктов имеет привлекательный внешний вид. Кроме этого, если разрезать натуральные овощи, фрукты или ягоды, обязательно пойдет сок, а продукты с трансгенными добавками сохранят свой первоначальный вид.

Для применения разработанной методики оценки качества продовольствия рекомендуется определить набор ключевых продуктов питания с учетом своих потребностей и предпочтений. При этом для каждого такого продукта следует выбрать как минимум три альтернативы. Например, пусть осуществляется выбор полуфабрикатов котлет из говядины трех производителей – «Мираторг», «Вкусвилл» и «Красная цена» (см. табл. 2). Пусть высокая калорийность, минимальное количество ГМО и вредных добавок ценятся в три раза выше, чем низкая цена и высокое содержание белков, жиров и углеводов.

Таблица 2

Характеристики полуфабрикатов из говядины по методике теории игр

| Критерии продуктов питания | Говядина | | | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| | Котлеты «Мираторг» | | Котлеты «Вкусвилл» | | Котлеты «Красная цена» | |
| | Абсолютное значение | Весовой коэффициент | Абсолютное значение | Весовой коэффициент | Абсолютное значение | Весовой коэффициент |
| Цена (руб./100 г) | 30 | 35/99 | 75 | 14/99 | 21 | 50/99 |
| Калорийность (ккал/100 г) | 150 | 150/631 | 311 | 311/631 | 170 | 170/631 |
| Количество белков (г/100 г) | 16 | 8/17 | 8 | 4/17 | 10 | 5/17 |
| Количество жиров (г/100 г) | 8 | 8/41 | 23 | 23/41 | 10 | 10/41 |
| Количество углеводов (г/100 г) | 3 | 3/17 | 5 | 5/17 | 9 | 9/17 |
| Вероятность содержания ГМО | 0 | 10/21 | 0 | 10/21 | Высокая | 1/21 |
| Вероятность содержания вредных добавок | 0 | 10/21 | 0 | 10/21 | Высокая | 1/21 |

Суммарный весовой коэффициент котлет «Мираторг», вычисленный по формулам (2), составит 0,37, котлет «Вкусвилл» – 0,43, котлет «Красная цена» – 0,2. Таким образом, оптимальным выбором для покупателя с выбранными предпочтениями будут котлеты «Вкусвилл».

Возможно расширить набор критериев оценки качества продуктов и создать компьютерную программу или мобильное приложение для автоматизации расчетов и экономии времени. Особенность и ценность разработанной методики заключается, прежде всего, в сочетании в ней универсальности и персонализации. Суммарный весовой коэффициент учитывает основные свойства

продукта, и каждый человек может взять для расчетов наиболее важные с его точки зрения критерии, чтобы разработать для себя оптимальную программу здорового питания. Методика позволяет осуществлять комплексную оценку качества продуктов питания и может быть рекомендована широкому кругу потребителей. Ее регулярное применение будет способствовать повышению уровня обеспечения социально-экологической безопасности современного общества.

Для оптимизации хозяйственной деятельности в сфере обеспечения населения качественным продовольствием может быть использована методика решения экстремальных задач, разработанная Л.В. Канторовичем и названная линейным программированием [7]. Модель линейного программирования позволяет разрабатывать предложения по рациональному использованию потенциала субъекта, осуществляющего хозяйственную деятельность, для обеспечения людей экологически безопасными продуктами питания. Соответствующую экстремальную задачу линейного программирования можно сформулировать так: сформировать оптимальный набор продуктов питания для обеспечения ими определенного количества людей в течение заданного промежутка времени с целью минимизации их вредного воздействия на людей и с учетом ограничений по финансовым средствам, выделенным на их производство или закупку.

Математическая модель такой задачи имеет вид:

Совокупное вредное воздействие продовольствия на людей (целевая функция):

$$V(x_1, x_2, \dots, x_n) = v_1x_1 + v_2x_2 + \dots + v_nx_n \rightarrow \min \quad (3)$$

x_i – количество продукта питания i -го вида (кг; л);

Ограничительные соотношения:

$$\text{по стоимости: } z_1x_1 + \dots + z_nx_n \leq Z_{\text{дост.}}, \quad (4)$$

по количеству продовольствия каждого вида:

$$x_1 \geq n_1N, \quad x_2 \geq n_2N, \quad \dots, \quad x_n \geq n_nN, \quad (5)$$

где v_i – совокупный вред, наносимый единицей i -го продукта заданному количеству людей (у.е.), рассчитываемый на основе анализа его достоинств и недостатков при воздействии на человека; z_i – стоимость единицы i -го продукта (тыс.руб./кг; тыс.руб./л); n_i – минимальное количество i -го продукта, необходимое одному человеку в течение определенного промежутка времени (кг/чел; л/чел.); $Z_{\text{дост.}}$ – доступные финансовые средства (тыс. руб.); N – количество людей, которое необходимо обеспечить продуктами питания.

Экономический эффект E_f от деятельности по производству или закупке экологически безопасных продуктов питания можно оценить по формуле:

$$E_f = (D_{\text{эк.без.}} - D_{\text{эк.неб.}}) - (Z_{\text{эк.без.}} - Z_{\text{эк.неб.}}), \quad (6)$$

где $D_{\text{эк.без.}}$ – доход от реализации экологически безопасного продовольствия; $D_{\text{эк.неб.}}$ – доход от реализации экологически небезопасного продовольствия; $Z_{\text{эк.без.}}$ – затраты на экологически безопасное продовольствие; $Z_{\text{эк.неб.}}$ – затраты на экологически небезопасное продовольствие.

Наиболее выгодные варианты набора продуктов питания с точки зрения минимизации их вредного воздействия на людей и удовлетворения ежедневных потребностей человека в питательных веществах и энергии, рассчитанные на основе предлагаемой модели с учетом ограничений по финансовым средствам, выделенным на их производство или закупку, представляют собой рекомендации о том, какие продукты питания и в каком количестве следует производить или закупать для обеспечения ими определенного количества людей в течение заданного временного промежутка. Если целевая функция линейная по всем переменным x_i , то ее экстремум в области, задаваемой ограничительными соотношениями, достигается на границе. Если же указанная функция не линейная, то для нахождения ее максимума или минимума в определенной области нужно воспользоваться методикой нелинейного программирования, основанной на применении необходимых и достаточных условий экстремума

функции многих переменных. Для решения задач линейного программирования можно использовать программы симплекс-метода.

Использование и развитие разработанной методики позволит реализовывать проекты, направленные на повышение экологической безопасности продуктов питания, в соответствии со следующими основными принципами:

- подбор продуктов питания, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к экологически чистым продуктам;
- экономия финансовых средств;
- минимизация совокупного вредного воздействия продовольствия на организм человека;
- учет норм потребления продуктов питания для различных категорий населения;
- учет особенностей производства, хранения и транспортировки продуктов и др.

На основе методов линейного и нелинейного программирования могут быть разработаны предложения по рациональному использованию ресурсного потенциала определенного региона для развития в нем биоэнергетики и обосновано замещение традиционных энергоресурсов биоресурсами [9]. Современной биоэнергетике, осуществляющей преобразование энергии биомассы и отходов ее переработки в различные другие виды энергии, принадлежит особая роль в обеспечении экологической безопасности, рационального природопользования и ресурсосбережения [1]. Ее развитие в регионах, для которых характерна острая нехватка традиционных энергоресурсов, может создать предпосылки для решения энергетических проблем указанных территорий и минимизации рисков энергодефицита.

Основным биотопливным ресурсом в РФ является древесина. К перспективным технологиям получения твердого биотоплива из древесной биомассы относится формирование плантаций быстрорастущих деревьев и кустов (энергетических лесов). Такие плантации не требуют больших материальных затрат на выращивание и сбор по сравнению с традиционным лесом, а также способствуют улучшению экологической обстановки, т.к. при сжигании древесины в ОС выделяется только то количество углекислого газа, которое было потреблено деревом в процессе фотосинтеза. Сжигая энергетический лес, можно получать тепловую и электрическую энергию.

Задача линейного программирования, позволяющая оптимизировать управление хозяйственной деятельностью в сфере эколого-ориентированной биоэнергетики, основанной на использовании энергетических лесов, может быть сформулирована так: минимизировать затраты на закупку энергетических деревьев с учетом ограничений по площади, на которой их можно выращивать, и с учетом ограничений по энергии, которую необходимо производить при сжигании деревьев, чтобы обеспечить все энергетические потребности региона [9].

Математическая модель такой задачи имеет следующий вид:

Затраты на лес (целевая функция):

$$Z(x_1, x_2, \dots, x_n) = z_1x_1 + z_2x_2 + \dots + z_nx_n \rightarrow \min, \quad (7)$$

x_i – объем i -й породы дерева (m^3), $x_i \geq 0$.

Ограничительные соотношения:

$$\text{по площади: } s_1x_1 + \dots + s_nx_n \leq S_{\text{дост.}}, \quad (8)$$

$$\text{по энергии: } q_1x_1 + \dots + q_nx_n \geq Q_{\text{общ.}}/\eta,$$

где z_i – затраты на $1 m^3$ энергетического леса i -й породы; s_i – площадь под $1 m^3$ энергетического дерева i -й породы ($га/m^3$); q_i – калорийность i -ой породы энергетического леса ($кВт\cdotч/m^3$); $S_{\text{дост.}}$ – свободные территории региона ($га$), пригодные для выращивания энергетических деревьев; $Q_{\text{общ.}}$ – годовое потребление энергии в регионе ($кВт\cdotч$); η – средний КПД энергетических установок (30-35 %).

В таблице 3 указаны примеры критериев отбора пород энергетических деревьев.

Критерии отбора пород энергетических деревьев

| Порода | Критерии |
|--------------------|--|
| Пихта белая | Большая высота дерева, большой диаметр ствола, небольшое количество деревьев на 1 га |
| Ель европейская | Большая высота дерева, большой диаметр ствола, низкая цена |
| Осина обыкновенная | Высокая калорийность, большая высота дерева, большой диаметр ствола, низкая цена |
| Сосна крымская | Высокая калорийность, большая высота дерева, большой диаметр ствола, небольшое количество деревьев на 1 га, лесобразующая порода в регионе |
| Липа | Высокая калорийность, большая высота дерева, большой диаметр ствола, небольшое количество деревьев на 1 га |
| Береза повислая | Высокая калорийность, реликтовая порода, низкая цена |

При решении задачи из рассмотрения необходимо исключить те породы деревьев, которые подавляют друг друга. Разработанная модель позволяет определить наиболее оптимальные варианты развития биоэнергетики в регионе с точки зрения минимизации затрат на выращивание энергетического леса, которые будут содержать научно-обоснованные рекомендации о том, какие породы деревьев и в каком объеме следует выращивать на свободной площади региона для удовлетворения всех его энергетических потребностей. К преимуществам замещения традиционных энергоресурсов биоресурсами в виде энергетического леса относятся: снижение вредных выбросов в ОС в десятки раз, сокращение затрат на топливную составляющую электростанций и котельных примерно в 1,5 раза, обеспечение энергетической независимости, содействие рациональному природопользованию, ресурсосбережению, развитие природоохранной деятельности, сохранение лесного биоразнообразия, решение социальных проблем и т.д.

Разработанные эколого-ориентированные подходы к обеспечению комплексной безопасности человека и природно-техногенных комплексов путем снижения рисков вредного воздействия на них различных факторов окружающей среды рекомендуются к широкому использованию представителями различных социальных структур, групп и слоев.

Библиографический список

1. Астафуров, А. О. Перспективные задачи российской биоэнергетики в сфере экологической и энергетической безопасности / А. О. Астафуров, И. А. Гвоздкова // Вестник университета. – 2011. – № 16. – С. 155-160.
2. Вишняков, Я. Д. Состояние и перспективы развития современной системы подготовки кадров в области управления природопользованием и экологической безопасностью (опыт Государственного Университета Управления, 1994-2014 гг.) / Я. Д. Вишняков, И. А. Гвоздкова, С. П. Киселева // Экология и промышленность России. – 2015. – Т. 19. – № 7. – С. 57-62.
3. Гвоздкова, И. А. Развитие научно-исследовательской деятельности студентов в области управления рисками и обеспечением комплексной безопасности / И. А. Гвоздкова, А. А. Гущина, А. Ю. Зайцева // Вестник университета. – 2015. – № 4. – С. 288-293.
4. Гвоздкова, И. А. Управление инновациями в обеспечении продовольственной безопасности генетически модифицированных продуктов питания / И. А. Гвоздкова, А. А. Гущина, А. Ю. Зайцева // Вестник университета. – 2015. – № 9. – С. 23-29.
5. Гвоздкова, И. А. Методика оценки качества продовольствия в интересах обеспечения социально-экологической безопасности / И. А. Гвоздкова, А. А. Гущина, А. Ю. Зайцева, К. А. Орешкин // Материалы 20-й Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы управления – 2015». – М., ГУУ. 2015. – Вып. 2. – С. 248-252.

6. Гущина, А. А. Комплексная оценка качества продуктов питания на основе методов теории игр / А. А. Гущина, А. Ю. Зайцева, К. А. Орешкин, И. А. Гвоздкова // Вестник Экологического центра ОВОП г. Москвы. – 2016. – Вып. № 2(17). – Часть 2. – С. 3-7.
7. Канторович, Л. В. Математико-экономические работы / Л. В. Канторович. – Новосибирск: Наука, 2011. – 760 с. ISBN 978-5-02-019076-4.
8. Мендель, А. В. Модели принятия решений [Электронный ресурс]. Учебное пособие / А. В. Мендель. – М.: Юнити-Дана, 2012. – Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115173> (дата обращения : 02.03.2016).
9. Третьякова, М. К. Оценка эколого-экономического потенциала развития биоэнергетики в Крыму / М. К. Третьякова, И. А. Гвоздкова // Вестник Экологического центра Общества восстановления и охраны природы г. Москвы. – 2016. – Вып. № 2(17). – Часть 2. – С. 7-12.
10. Шелехова, Л. В. Теория игр в экономике [Электронный ресурс]. Учебное пособие / Л. В. Шелехова – М.; Берлин: Директ-Медиа, 2015. – Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=274522> (дата обращения : 02.04.2016).
11. Экологически чистые продукты питания. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vitaminglebal.ru/organic-food-c-160.html> (дата обращения : 01.04.16).