

Асель Интымакова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В статье рассмотрены вопросы эколого-экономического взаимодействия в процессах государственного управления, предложена математическая модель государственного управления в сфере охраны окружающей среды на примере управления отходами производства и потребления.

Ключевые слова: государственное управление; охрана окружающей среды; управление отходами производства и потребления.

Форм. 17. Рис. 2. Лит. 12.

Асель Т. Интымакова

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

У статті розглянуто питання еколого-економічної взаємодії в процесах державного управління, запропоновано математичну модель державного управління у сфері охорони навколишнього середовища на прикладі управління відходами виробництва та споживання.

Ключові слова: державне управління; охорона навколишнього середовища; управління відходами виробництва та споживання.

Assel Intymakova¹

MODELLING OF PUBLIC ADMINISTRATION PROCESSES IN THE FIELD OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

The paper explores the issues of ecological and economic elements interaction in public administration processes, providing a mathematical model of public administration in the field of environmental protection on the example of production and consumption wastes management.

Keywords: public administration; environmental protection; production and consumption wastes management.

Постановка проблемы. В настоящее время во всем мире наблюдаются тенденции усиления негативного воздействия экономики на окружающую среду, истощения природных ресурсов, нарушения динамического равновесия биосферы. Подобное экономическое развитие ведет к возникновению экологических проблем, препятствует устойчивому развитию регионов. Проблемы возникают в результате такого взаимодействия человека и природы, при котором антропогенная нагрузка на территорию (ее определяют через техногенную нагрузку и плотность населения) превышает экологические возможности этой территории, обусловленные главным образом ее природно-ресурсным потенциалом и общей устойчивостью природных комплексов к антропогенным воздействиям. В связи с этим вопросы оптимизации эколого-экономических взаимодействий приобретают на современном этапе особую актуальность [1].

Для решения поставленной задачи, прежде всего, необходима разработка соответствующего инструментария, математических моделей и методик, которые позволят исследовать взаимосвязь экономических и экологических показателей, выявить существующие закономерности и сделать необходимые

¹ Academy of Public Administration under the President of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan.

оценки. Требуется построить новые, достаточно простые и удобные для анализа наблюдаемых процессов модели, которые описывают связь экономических и экологических показателей, параметры которых имели бы определенный смысл, понятный и экономистам, и экологам. Данные модели должны позволить определять взаимосвязь параметров функций и показателей разных уровней, оценивать влияние структурных сдвигов в экономике и изменения в структуре инвестиций по видам, исследовать распределение ресурсов между отраслями и построить оптимальное распределение их по различным критериям.

Анализ последних исследований и публикаций. Обращаясь к истории вопроса, следует отметить, что до середины XX в. проблемы взаимодействия экономики и экологии обсуждались в основном в ключе ограниченности природных ресурсов, а негативное влияние хозяйственной деятельности на окружающую среду не являлось предметом рассмотрения экономической науки. Не изучались и обратные связи между экологической деградацией и экономическим развитием, состоянием трудовых ресурсов, качеством жизни населения.

Лишь в 70-х гг. XX века, в значительной степени благодаря работам Римского клуба, было показано, что на пути дальнейшего экономического развития общества возникли лимитирующие факторы, которые можно условно обозначить как «экологические ограничители» экономического роста, отражающие масштабы и последствия негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду [5; 9].

В 1972 г. на основе метода системной динамики Дж. Форрестера были построены первые т.наз. «модели мира», направленные на разработку сценариев эколого-экономического развития. Для описания модели изменения экологической ситуации Дж. Форрестер [11] использовал схему построения формализованных моделей нелинейных динамических процессов. Их недостатки заключались в чрезмерно высокой степени обобщения переменных, характеризующих процессы.

В конце 1980-х и начале 1990-х гг. основополагающей и общепризнанной в деятельности международных организаций и многих стран стала концепция устойчивого развития, которая говорит о возможности гармоничного совмещения задач дальнейшего экономического роста и сохранения окружающей среды. Принятая на Конференции ООН по окружающей среде в Рио-де-Жанейро в 1992 г. «Повестка дня на XXI век» определяет устойчивое развитие как развитие, которое «сумеет обеспечить удовлетворение потребностей нынешнего поколения без ущерба для удовлетворения собственных нужд будущих поколений» [10].

В настоящее время наиболее известны две научные экономические школы, в рамках которых рассматриваются вопросы учета экологических факторов в управлении экономикой: неокейнсианская и неоклассическая.

Неокейнсианская школа отдает предпочтение прямому государственно-экологическому регулированию экономики в сочетании с инструментами рыночного регулирования при решающей роли государственного вмешательства в экономику.

Неокласическая школа предлагает косвенное экологическое регулирование с помощью экономических методов при минимальном вмешательстве в экономику со стороны государства. Главную причину ухудшения состояния окружающей природной среды сторонники этой научной школы видят в том, что некоторые виды общественных ресурсов не имеют денежной оценки и выпадают из сферы действия рыночных механизмов. Этот механизм не работает при решении вопросов взаимодействия хозяйственной деятельности и природной среды, т.к. уровень её загрязнения практически не сказывается на результатах хозяйственной деятельности. В связи с этим резко ухудшаются сами результаты хозяйственной деятельности предприятия в связи с социальными издержками на охрану окружающей среды, а с другой стороны, происходит скрытое субсидирование загрязнителей за счет экономии на затратах по предотвращению загрязнений. Из этого делается вывод о необходимости разработки некоего эквивалента цены для природных ресурсов, учитывающего их загрязнение.

Для решения проблемы сторонники неокласической школы предлагают набор инструментов косвенного регулирования:

- залоговые вклады на возмещение экологического ущерба;
- субсидии предприятиям, принимающим меры по снижению уровня загрязнения окружающей среды;
- налогообложение экологического ущерба;
- платежи за загрязнение окружающей среды.

Однако применение такого механизма на практике сталкивается с большими трудностями. Их причины заключаются в следующем:

- сложность определения величины экологического ущерба и вычисления ставок налогов;
- сложность, а иногда и неосуществимость процедур контроля за объемами и содержанием выбросов и сбросов;
- непомерно высокие ставки налога, определяемые на основе экологического ущерба [6].

Среди современных математических моделей следует выделять 2 типа: тактические и стратегические модели. Для экологического прогнозирования состояния экосистем и популяций, в том числе при разного рода экзогенных воздействиях на них, применяются тактические модели. В целях исследования общих законов функционирования биологических систем таких, как стабильность, разнообразие, устойчивость к воздействиям, способность возвращаться в исходное состояние, применяются стратегические модели. Для изучения последствий разных стратегий управления экосистемами с целью выбора оптимальной стратегии строятся стратегические модели с применением ЭВМ. В случае правильно построенной модели расчетные методы позволяют воспроизводить такие процессы, наблюдение которых в реальности или эксперименте потребовало бы много сил и значительного времени [3].

В настоящее время интенсивно разрабатываются глобальные модели для прогнозирования климатических изменений, связанных с парниковым эффектом [12].

Одной из наиболее популярных является модель Д. Пирса и К. Тернера, которая показывает обратные связи в эколого-экономической системе. Окружающая среда является источником природных ресурсов и экологических благ, а также служит для поглощения и размещения отходов производства и потребления. Если ассимиляционный потенциал окружающей среды превышает объем остаточных отходов (с учетом рециркуляции), то качество окружающей среды не ухудшается. В противоположной ситуации качество окружающей среды ухудшается и уменьшается ее способность снабжать ресурсами производство и потребление [6].

Первая межотраслевая модель, учитывающая экологический фактор, была разработана В.В. Леонтьевым и Д. Фордом [4]. В.В. Леонтьев представляет межотраслевой баланс как совокупность потоков товаров и услуг, отображаемых в таблице «затраты-выпуск» и характеризующих основные структурные изменения отдельных секторов экономики. Балансовый метод позволяет устанавливать и увязывать в хозяйственной деятельности натурально-вещественные и стоимостные пропорции. При этом должны выполняться законы сохранения в балансовой форме, включая потоки природного сырья и материалов, загрязняющих веществ и т.п. Основой идеи межотраслевого баланса в настоящее время является возможность раскрыть наиболее детально межотраслевые связи, складывающиеся в процессе воспроизводства. Это позволяет показать, с одной стороны, как и в каких отраслях используется продукция каждой отрасли производства, а с другой стороны – выявить структуру производственных затрат и вновь созданной стоимости. Модель межотраслевого баланса с учетом экологического фактора первоначально была построена на предположении о том, что затраты на очистные мероприятия прямо пропорциональны массе обрабатываемых загрязнителей, т.е. стоимость обезвреживания единицы каждого загрязнителя постоянна. Собственно природные процессы, которые описывают динамику экосистемы, в модели не описываются или описываются в значительно меньшей степени, чем производственно-экономическая деятельность [3]. Используя эту модель для вариационных расчетов, можно получить информацию на макроуровне относительно отраслевой структуры затрат на охрану окружающей среды, их влияния на другие показатели.

Целью исследования является разработка математической модели государственного управления отходами производства и потребления для последующей выработки практических рекомендаций по совершенствованию данной отрасли в Республике Казахстан.

Основные результаты исследования. В последнее время наряду с физическими моделями широкое распространение получили абстрактные математические модели. Приоритетное внимание уделяется поиску оптимальных условий. Такая цель является одной из наиболее распространенных научно-технических задач. Подобные задачи возникают в тот момент, когда установлена возможность проведения процесса и необходимо найти наилучшие (оптимальные) условия его реализации. В широком смысле, подобные задачи носят название задач оптимизации, а процесс их решения принято называть процессом оптимизации (или просто оптимизацией).

При решении любой оптимизационной задачи используются математические модели исследования, при этом под математической моделью понимается уравнение, связывающее параметр оптимизации с факторами, воздействующими на него.

При разработке программного обеспечения используется принцип воздействия на «черный ящик» – при закрытых алгоритмах работы того или иного приложения выявлять функции отклика для дальнейшего анализа.

Для математического моделирования рассмотрим предприятие, загрязняющее окружающую среду, в качестве «черного ящика» (рис. 1). В этом случае предполагается, что выделенная система связана со средой через совокупность *входов* и *выходов*. Выходы модели описывают результаты деятельности системы, а входы – ресурсы и ограничения. При этом предполагается, что мы ничего не знаем о внутреннем содержании системы. Модель в этом случае отражает два важных и существенных ее свойства: *целостность* и *обособленность от среды* [2; 8].

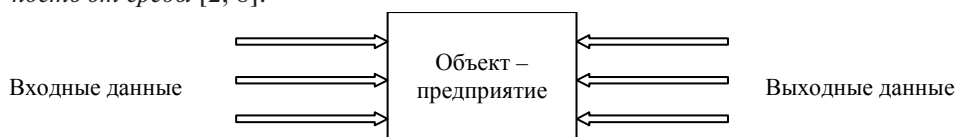


Рис. 1. Схема предприятия в качестве «черного ящика», авторская разработка

Такая модель, несмотря на ее внешнюю простоту и отсутствие сведений о внутренней структуре, оказывается часто полезной и достаточной для практического использования.

Для осуществления своей деятельности любое предприятие в самом начале должно организовать вход материальных и нематериальных, финансовых и человеческих ресурсов.

В качестве выходных параметров будем рассматривать конечный продукт, изготавливаемый предприятием, и эмиссии (отходы производства и потребления) в окружающую среду.

На сегодняшний день решаются задачи по минимизации потребляемых ресурсов на входе и максимизации выпуска объемов конечного продукта. При этом следует отметить, что данные условия необходимо решать в совокупности с еще одним условием – минимизацией на выходе производимых эмиссий в окружающую среду. Таким образом, можно построить модель «идеального» предприятия с минимальными эмиссиями в окружающую среду.

Для оценки эффективности функционирования природно-продуктовой системы используется показатель природоёмкости, характеризующий тип и уровень эколого-экономического развития. На макроуровне показатель природоёмкости определяется как затраты используемых природных ресурсов (P) на единицу ВВП:

$$E_N = p / \text{ВВП}. \quad (1)$$

Второй тип показателей природоёмкости определяется затратами природного ресурса R_N на единицу конечной продукции объема V , произведенной на основе этого ресурса (на продуктовом или отраслевом уровне):

$$e = R_N / V. \quad (2)$$

В качестве такого показателя может служить энергоемкость, представляющая энергетические затраты на единицу конечной продукции.

В статистике широко распространен показатель, обратный коэффициенту природоемкости, – показатель природной ресурсоотдачи:

$$\sigma = V / R_N. \quad (3)$$

Для экстенсивного типа развития экономики, присущего для экономики Казахстана, характерна высокая природоемкость и низкая природная ресурсоотдача. При длительном сохранении технологического уровня это чревато постепенным истощением ресурсов, что приводит к обострению экономической ситуации. В условиях реформ структурной и инвестиционной политики важнейшей задачей государства является минимизация природоемкости или максимизация природной ресурсоотдачи:

$$e \rightarrow \min \text{ или } \sigma \rightarrow \max. \quad (4)$$

Следующим основным показателем экологической системы является устойчивое развитие. Термин «устойчивое развитие» подразумевает следующие закономерности эволюции цивилизации: удовлетворение потребностей настоящего времени, не ставящее под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности; учет социальных и экологических факторов; учет долгосрочных последствий принимаемых решений. Целевыми ориентирами устойчивого развития являются качество жизни, уровень экономического развития, экологическая стабильность.

Естественным образом встает вопрос о мерах по обеспечению устойчивого развития. Поэтому возникла концепция критического природного капитала как необходимых для жизни природных благ, которые невозможно заменить искусственным путем. К ним относятся: ландшафты, редкие виды флоры и фауны, озоновый слой в верхней части земной атмосферы, глобальный климат и т.д. Этот критический природный капитал необходимо сохранять при любых сценариях экономического развития. Остальная часть природного капитала может быть заменена искусственным путем – прежде всего имеются в виду возобновляемые и некоторая часть невозобновляемых природных ресурсов (например, природные энергоресурсы могут быть заменены на солнечную энергию и др.).

С учетом критического природного капитала N^* устойчивое развитие может быть дополнено ограничением на исчерпание во времени этой величины. Для неубывающей во времени производственной функции, аргументами которой являются агрегированные переменные труда L , капитала K и природного ресурса N :

$$F_t(K, L, N) \leq F_{t+1}(K, L, N). \quad (5)$$

необходимо соблюдение условия неубывания во времени величины N^*

$$N_t^* \leq N_{t+1}^*. \quad (6)$$

а также условие частичной замены природного капитала N на искусственный N^s или невозобновляемого ресурса на возобновляемый ресурс:

$$N_t = N_t^* + N_t^s. \tag{7}$$

Приведем задачу оптимизации производства при условиях выполнения определенных экологических норм.

Пусть $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – целевая функция выпуска, характеризующая производство, использующее n ресурсов. Будем полагать, что имеется m видов загрязнения от данного производства, которые заданы матрицей интенсивностей загрязнений:

$$C_p = \begin{pmatrix} C_{11}C_{12}\dots C_{1n} \\ C_{21}C_{22}\dots C_{2n} \\ \dots \\ C_{m1}C_{m2}\dots C_{mn} \end{pmatrix}, \tag{8}$$

где $c_{ij} > 0$ – количество j -го загрязнения, продуцируемое при использовании единицы i -го ресурса. Тогда вектор загрязнений \bar{w} определяется формулой

$$\bar{w} = C_t \bar{x}^T \text{ или } w_k = \sum_{j=1}^n c_{kj} x_j, k = 1, 2, 3, \dots, m, \tag{9}$$

где \bar{x} – вектор-строка используемых ресурсов. Введем матрицу A коэффициентов ограничений на ресурсы и вектор ограничений \bar{b} определяемый возможностями производства. В рассмотрение необходимо ввести также вектор экологических нормативов \bar{w}^* – допустимых отходов по каждому виду загрязнения. Эти нормативы обычно устанавливаются по существующим нормам ПДК загрязнений.

Тогда задача оптимизации выпуска продукции формулируется следующим образом: найти максимум функции:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = F(\bar{x}) \rightarrow \max \tag{10}$$

на допустимом множестве:

$$\begin{cases} \bar{x} \geq \bar{0}, \bar{z} \geq 0, \\ A\bar{x}^T \leq \bar{b}^T \\ \bar{w} \leq \bar{w}^* \end{cases}. \tag{11}$$

Приведенная постановка задачи оптимизации производства при условии соблюдения экологических норм соответствует устойчивому развитию. В отличие от традиционных оптимизационных моделей, допустимое множество которых формируется только двумя первыми производственными соотношениями (11), эта модель включает еще и ограничение на «чистоту производства». Для соблюдения последнего условия в (11), которое в развернутой форме, согласно формуле (9), имеет вид ограничения по каждому типу загрязнения:

$$\sum_{j=1}^n c_{kj} x_j \leq w_k^*, k = 1, 2, \dots, m, \tag{12}$$

необходимо либо делать выбор в сторону более совершенных технологий, либо заменять «грязные» ресурсы на более чистые. В противном случае из-за

ограничений (12) допустимые объемы используемых ресурсов \bar{X} могут оказаться столь незначительными, что нельзя будет обеспечить экономически приемлемый объем выпуска продукции.

Сказанное выше проиллюстрировано на рис. 2. Ограничения (12) показаны заштрихованной областью и они, следует отметить, сокращают допустимое множество решений, на котором ищется оптимальное решение. Необходимо особо подчеркнуть, что вид и размеры этой области зависят от коэффициентов C_{ij} , т.е. от технологии использования ресурсов. При «грязных» технологиях сужение области допустимых решений весьма значительно (рис. 2а); применение берегающих «чистых» незначительно сужает область допустимых решений (рис. 2б).

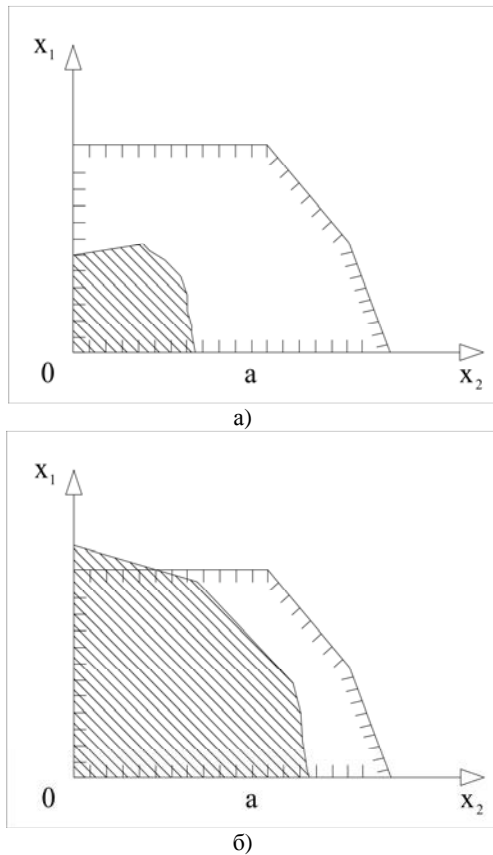


Рис. 2. Допустимое множество решений, авторская разработка

Модель (10)–(11) относится к области макроэкономики, когда выпуск можно отождествить с ВВП страны или с валовой продукцией региона. Тогда условие (12) является управлением технологической политики.

Для микроэкономики на уровне отдельного производства эта модель не будет работать, поскольку производитель заинтересован прежде всего в достижении наибольшего выпуска (11), а вопрос о соблюдении экологических норм

(12) остається для нього второстепенним хоча бй потому, что это требование никак не отражено в целевой функции.

Для учета экологического фактора в микроэкономике необходимо перейти к стоимостным выражениям в целевой функции и оплате превышения норм загрязнения. Пусть ρ – агрегированная цена производимой продукции, а компоненты вектора:

$$Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_m) \quad (13)$$

означають расходы на устранение загрязнений в случае превышения соответствующих норм (при нарушении третьего условия в (11)). Тогда функция дохода от выпуска продукции $F(\bar{x})$ имеет вид:

$$P = \rho F(\bar{x}) - \bar{z} \bar{\delta}, \quad (14)$$

где $\bar{\delta}$ – вектор «включений» платежей за загрязнения;

$$\delta_j = \begin{cases} 0, & w_j \leq w_j^*, \\ 1, & w_j > w_j^*. \end{cases} \quad j = 1, 2, \dots, m; \quad (15)$$

\bar{w} – вектор загрязнений, определяемый формулами (9) и (8); w_j^* – компоненты вектора предельно допустимых загрязнений:

$$\bar{w}^* = (w_1^*, w_2^*, \dots, w_m^*). \quad (16)$$

Для простоты будем полагать, что платежи за загрязнение окружающей среды уже включены в оплату за природопользование, т.е. второй член в функции дохода со знаком минус – это оплата сверхнормативной нагрузки на окружающую среду. В этом плане (14) можно рассматривать как производственную функцию, аргументами которой являются ресурсы \bar{x} , загрязнения \bar{w} , предельно допустимые нормы \bar{w}^* и платежи за загрязнение окружающей среды \bar{z} .

Модель оптимизации дохода от выпуска продукции с использованием вектора ресурсов \bar{x} при технологии, характеризуемой производственной функцией F , определяется следующим образом: найти максимум функции (14), (15), (13) на допустимом множестве решений:

$$\begin{cases} \bar{x} \geq \bar{0} \\ A\bar{x}^T \leq \bar{b}^T \end{cases} \quad (17)$$

при заданном ограничении (16) на вектор \bar{w} .

Выводы. В этой модели присутствуют как возможности самого производства (заданы матрица A коэффициентов ограничений и вектор \bar{b} ограничений на ресурсы), так и нормативы технологического воздействия на окружающую среду и расходы на ликвидацию последствий их превышения (векторы \bar{z} и \bar{w}^*). Непосредственно из нее видно, что при «жестком» экологическом законодательстве производитель вынужден будет применять более совершенные технологии с целью снижения удельных техногенных отходов – коэффициентов матрицы C_ρ в (8). Именно так обстоит дело в странах с развитой экономикой.

Таким образом, данная модель универсальна и может быть использована для целей микроэкономики на уровне любого предприятия, промышленного комплекса, отраслевого выпуска продукции и т.п. Следует отметить, что предприятие по переработке отходов производства и потребления также может быть рассмотрено в качестве «черного ящика» с применением приведенных выше результатов математического моделирования.

1. *Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т., Морошкина М.В.* Влияние развития экономики на окружающую среду: моделирование и анализ расчетов: Науч. издание. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. – 119 с.

2. *Ехлаков Ю.П.* Исследование систем управления: Конспект лекций. – Томск: ТУСУР, 1998. – 112 с.

3. *Красс М.С., Чупрынов Б.П.* Математические методы и модели для магистрантов экономики. – СПб.: Питер, 2010. – 496 с.

4. *Леонтьев В., Форд Д.* Межотраслевой анализ воздействия структуры экономики на окружающую среду // Экономика и математические методы. – 1972. – Вып. 3. – С. 370–400.

5. *Месарович М., Пестель Е.* Человечество на повороте: Второй доклад для Римского клуба. – СПб.: Нева-ПРЕСС, 1994. – 200 с.

6. Моделирование влияния развития экономики на окружающую среду / Институт экономики КарНЦ РАН; Под общ. ред. П.В. Дружинина. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. – 96 с.

7. Моделирование социо-эколого-экономической системы региона / Под ред. В.И. Гурмана, Е.В. Рюминой. – М.: Наука, 2001. – 237 с.

8. *Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П.* Основы системного анализа: Учеб. пособие для студентов вузов. – Томск: НТЛ, 1997. – 396 с.

9. Пределы роста: Доклад для Римского клуба / Д.Г. Медоуз, Д.Л. Медоуз, Дж. Райндерс, В.В. Беренс. – СПб.: Нева -ПРЕСС, 1994. – 153 с.

10. Программа действий. Повестка дня на XXI век и другие документы конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении. – Женева: Центр «За наше общее будущее», 1993. – 108 с.

11. *Форрестер Дж.* Мировая динамика. – М.: Наука, 1978. – 42 с.

12. *Alcamo, J. ed.* (1994). IMAGE 2.0: Integrated Modeling of Global Climate Change. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 216 p.

Стаття надійшла до редакції 22.09.2015.