

УДК 681.324:354(478)+504.062

НАУЧНО-ИННОВАЦИОННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ И ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

д-р техн. наук, проф. И.В. ВОЙТОВ

(Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь, Минск);

д-р техн. наук, проф. М.А. ГАТИХ

(Белорусский институт системного анализа

и информационного обеспечения научно-технической сферы, Минск);

канд. техн. наук В.А. РЫБАК

(Академия управления при Президенте Республики Беларусь, Минск)

Предложен новый метод оценки, анализа и оптимизации управления эколого-экономической эффективностью рационального природопользования и охраны окружающей среды, включающего также основные экономические и экологические показатели производств: ресурсообеспеченность, природоёмкость, уровень безотходности, экологичность, количество утилизированных и неутилизированных отходов, природоохранные затраты и др. Метод предназначен для научного обоснования принятия инновационных проектов для повышения эффективности технологических процессов промышленных производств в области рационального природопользования.

Введение. Научно-инновационное и научно-техническое обеспечение, разработка инновационных проектов для усовершенствования технологических процессов на основе НИР, научно обоснованная оценка и управление эколого-экономической эффективностью рационального природопользования являются одним из важнейших этапов инновационной деятельности и инновационного развития экономики Республики Беларусь [1, 2].

Главным показателем современного этапа инноваций в Беларуси является Указ Президента Республики Беларусь от 26 марта 2007 года № 136 «О Государственной программе инновационного развития Республики Беларусь на 2007 – 2010 годы» и Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 апреля 2007 года № 523 «Об утверждении Плана реализации Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь (ГПИР РБ) на 2007 – 2010 годы». План ГПИР РБ является на данном этапе основополагающим нормативно-правовым и технико-экономическим документом в области инновационного развития Беларуси [3].

Проблеме анализа и оценке эколого-экономической эффективности рационального природопользования (ЭЭЭРП) уделяется большое внимание в Республики Беларусь и в зарубежных странах [3 – 5]. Так, в [4] предложена формула для определения интегрального показателя \mathcal{E}_{np} рациональной эколого-экономической эффективности производств с учётом стоимости природных ресурсов:

$$\mathcal{E}_{np} = \frac{\sum_{i=1}^n \mathcal{C}\Pi_i^\phi}{\sum_{i=1}^n [(c+v) + (v+a)^H p^H] + \sum_{j=1}^m C_j}, \tag{1}$$

где $i(1, n)$ – индекс отраслей, входящих в региональную природно-хозяйственную систему; $\mathcal{C}\Pi_i^\phi$ – стоимость фактически созданной в i -й отрасли чистой продукции; $(c+v)$ – фактические издержки производства в i -й отрасли (себестоимость); p^H – среднеотраслевой норматив рентабельности; $(v+a)^H p^H$ – нормативная величина прибавочного продукта, создаваемого в i -й отрасли хозяйства региона; $j(1, m)$ – индекс природных ресурсов, используемых в отраслях региона; C_j – цена j -го природного ресурса.

Уравнение (1) отражает фактически экономическую эффективность $\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{npi}$ общественного производства в целом, которое состоит из i -го количества отраслей экономики, потребляющих определённое количество тех или иных видов природных ресурсов: водных (ВР), земельных (ЗР), лесных земель (ЛЗ), минерально-сырьевых (МР), биологических (БР) и др. Каждая i -я отрасль производства имеет свои издержки \mathcal{Z}_i . Следовательно, уравнение (1) можно представить в виде следующего индекса [4]:

$$I_{np}^{of} = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{npi} = \frac{\sum_{i=1}^n \mathcal{C}\Pi_i^\phi}{\sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_i + \sum_{j=1}^m C_{npj}}. \tag{2}$$

Уравнения (1), (2) отражают принципиальные подходы к анализу и оценкам ЭЭЭРП, однако они не могут быть применены для полноценной формализации этого главного показателя рационального природопользования, так как ЭЭЭРП зависит от многих других показателей: ресурсообеспеченности, ресурсоотдачи, уровня безотходности производств, количества утилизируемых и не утилизируемых отходов, природоохранных затрат на компенсацию загрязнения ОС, энергоёмкость производств и др. Для этих целей наиболее целесообразно использовать научно обоснованный и широко применяемый подход, основанный на следующих основных уравнениях балансов производств.

1. Материально-сырьевой баланс $B_{ij}^{мсб} \left(\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{мсб} \right)$ исходного сырья, материалов и отходов в технологических процессах, отражающий их материально-сырьевую обеспеченность $Q_{ij}^{мсб}$:

$$B_{ij}^{мсб} \left(\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{мсб} \right) = \left(\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{ис} [N - (P + H_n)] + \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{бн} + \sum_{i=1}^n V_{оij}^{yo} - \sum_{i=1}^n V_{оij}^{no} - \sum_{i=1}^n V_{оij}^{о2} - \sum_{i=1}^n V_{оij}^{oc} (V_{оij}^{aa} + V_{оij}^{eo} + V_{оij}^{ak}) + \sum_{i=1}^n V_{оij}^{с.пер} \right) / \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{np}, \quad (3)$$

где $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{ис}$ – нормированное количество использования исходного природного сырья j -го вида в i -м технологическом процессе, включающего: N – норму расхода сырья j -го вида в i -м технологическом процессе; P – чистый (полезный) расход сырья j -го вида в i -м технологическом процессе; H_n – безвозвратные потери сырья j -го вида в i -м технологическом процессе; $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{бн}$ – количество сырья j -го вида с выходом в бракованную продукцию в i -м технологическом процессе; $\sum_{i=1}^n V_{оij}^{yo}$ – количество утилизируемых нормированных отходов из сырья j -го вида в i -м технологическом процессе, потенциально пригодного для вторичной переработки и использования; $\sum_{i=1}^n V_{оij}^{no}$ – количество не утилизируемых отходов из сырья j -го вида в i -м технологическом процессе, не пригодного для использования в качестве вторичного сырья; $\sum_{i=1}^n V_{оij}^{о2}$ – количество отходов из сырья j -го вида в i -м технологическом процессе, удаляемого на захоронение или обезвреживание; $\sum_{i=1}^n V_{оij}^{aa}$ – количество отходов j -го вида в i -м технологическом процессе, уходящих в ОС, включающего: $V_{оij}^{aa}$ – количество отходов j -го вида в i -м технологическом процессе, уходящих в атмосферный воздух; $V_{оij}^{eo}$ – количество отходов j -го вида в i -м технологическом процессе, поступающих на очистное сооружение по очистке сточных вод (в водные объекты); $V_{оij}^{ak}$ – количество отходов j -го вида в i -м технологическом процессе, сбрасываемых в канализацию; $\sum_{i=1}^n V_{оij}^{с.пер}$ – количество отходов j -го вида в i -м технологическом процессе, поступающих на вторичную переработку в качестве вторичного сырья; $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{np}$ – количество чистой конечной продукции i -х производств, полученной из j -х материально-сырьевых ресурсов.

2. Материально-энергетический баланс $B_{ij}^{мэб} \left(\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{мэб} \right)$, отражающий энергоёмкость и отношение материально-энергетической обеспеченности $Q_{ij}^{мэб}$ технологических процессов к количеству выпускаемой продукции Q_{ij}^{np} :

$$B_{ij}^{мэб} \left(\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{мэб} \right) = \left(\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{мэб} + \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{эпс} + \sum_{i=1}^n V_{ij}^{эмп} + \sum_{i=1}^n V_{ij}^{эсп} + \sum_{i=1}^n V_{ij}^{эпн} \right) / \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{np}, \quad (4)$$

где $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{mco}$ – материально-сырьевая обеспеченность технологических процессов, включающая j -е виды необходимого природного сырья для получения продукции Q_{ij}^{np} ; $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{enc}$ – количество основного энергетического природного сырья j -го вида в i -х технологических процессах (нефть, продукты нефтепереработки, газ, уголь, торф, дрова и др.); $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{mp}$ – количество внутренних электрических, тепловых и трудовых ресурсов j -х видов для получения продукции Q_{ij}^{np} ; $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{exp}$ – количество вторичных энергетических ресурсов j -го вида в i -х технологических процессах; $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{ypn}$ – количество внутренних вторичных энергетических ресурсов j -х видов в i -х технических процессах получения продукции и используемых в них в качестве вторичного сырья (например, тепло отходящих газов, отходы деревообработки, лесопильных и фанерных производств, отходы льняного и гидролизного производства и др.).

3. Производственно-экономический баланс $B_{ij}^{пзб} \left(\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{чкп} \right)$, отражающий экономические (финансовые) затраты $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{чкп}$ на получение чистой конечной продукции в технологических процессах в современных отраслях экономики природопользования:

$$B_{ij}^{пзб} \left(\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{чкп} \right) = \sum_{i=1}^n C_{ij}^{nc} + \sum_{i=1}^n C_{ij}^{чкп} + \sum_{i=1}^n C_{ij}^{enc} + \sum_{i=1}^n Z_{oij}^{чкп} + \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{yko} - \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{nam} - \sum_{i=1}^n Y_{ij}^{soc} + \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{pzn} + \sum_{i=1}^n \Phi_{ij}^{пф} - \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{np} \quad (5)$$

где $\sum_{i=1}^n C_{ij}^{nc}$ – суммарная цена нормированного количества j -х видов исходного природного сырья в i -х технологических процессах экономики природопользования; $\sum_{i=1}^n C_{ij}^{чкп}$ – суммарная цена чистого конечного продукта j -х видов в i -х технологических процессах экономики природопользования; $\sum_{i=1}^n C_{ij}^{enc}$ – суммарная цена энергетического природного сырья j -х видов в i -х технологических процессах экономики природопользования; $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{чкп}$ – комплекс экономических (производственных) затрат j -х видов в i -х технологических процессах экономики природопользования на получение чистого конечного продукта; $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{yko}$ – суммарные затраты на разделенный сбор и сортировку утилизируемых отходов, транспортировку и захоронение j -х видов неутилизированных отходов, образованных в i -х технологических процессах экономики природопользования; $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{nam}$ – производственные (экономические) затраты j -х видов на реализацию природоохранных мероприятий, обусловленных i -ми технологическими процессами экономики природопользования; $\sum_{i=1}^n Y_{ij}^{soc}$ – экономический ущерб от загрязнения окружающей среды i -ми технологическими процессами экономики природопользования, использующие j -е виды природного сырья; $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{pzn}$ – стоимость основных производственных фондов и нормируемых оборотных средств в i -х технологических процессах экономики природопользования; $\sum_{i=1}^n \Phi_{ij}^{пф}$ – экономические затраты на реализацию готовой (конечной) продукции (изделий), производимой i -ми технологическими процессами экономики при-

родопользования из j -х видов природного сырья; $\sum_{i=1}^n Z_i^{np}$ – прочие экономические затраты на предприятиях, загрязняющих окружающую среду, содержащих отделы природоохранной деятельности и экономические службы.

Компонентный состав уравнений (3) – (5) достаточно полно отражает экономико-технологическую структуру отраслей народного хозяйства, основанных на использовании тех или иных видов природного сырья. Они содержат основные социально-экономические и экологические показатели и затраты, связанные с получением и реализацией конечной продукции или изделий; отражают внутренние и внешние финансовые затраты производств с возможной оценкой эколого-экономической эффективности рационального природопользования, включая анализ и оценку таких главных показателей, как энергоёмкость и природоёмкость, безотходность, ресурсообеспеченность, ресурсоотдача, различные производственные издержки, образование и движение отходов в реальных отраслях экономики. Более того, компонентный состав данных уравнений позволяет сформировать на более качественном, объективном и практически выполняемом уровне ряд важных оценочных коэффициентов, индексов и критериев, реально отображающих и формализующих перечисленные выше главные показатели рационального природопользования. Однако при этом должно быть соблюдено важное требование – в уравнения балансов должны быть включены все основные компоненты последнего.

Следует отметить, что для конкретной реализации предлагаемых новых оценочных показателей на основе уравнений балансов на данном этапе накоплена, как будет показано ниже, практически вся необходимая информация, сформированная и ежегодно пополняемая в соответствующие базы и банки данных.

Так, интегральный индекс ресурсообеспеченности (и природоёмкости) i -х отраслей экономики, использующих $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{mc}$ количество нормированного исходного сырья, $\sum_{i=1}^n V_{oj}^{yo}$ количество нормированных утилизируемых отходов как потенциальное вторичное сырьё и $\sum_{i=1}^n V_{oj}^{s.nep}$ количество отходов в технологических процессах, поступающих на вторичную переработку, можно определить из материально-сырьевой обеспеченности Q_{ij}^{mca} по формуле:

$$\sum_{i=1}^n I_{poj} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{mc} [N - (P + H_n)] + \sum_{i=1}^n V_{oj}^{yo} + \sum_{i=1}^n V_{oj}^{s.nep}}{\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{np}}, \quad (6)$$

где $\sum_{i=1}^n I_{poj}$ – интегральный индекс оценки природоёмкости или ресурсообеспеченности i -х технологических процессов, рационально использующих j -е виды природного сырья.

Интегральный показатель ресурсоотдачи $\sum_{i=1}^n E_{ij}^{po}$ есть обратная величина индекса ресурсообеспеченности (природоёмкости) и определяется по формуле [4, 5]:

$$\sum_{i=1}^n E_{ij}^{po} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n I_{poj}}. \quad (7)$$

Интегральный индекс уровня безотходности производства $\sum_{i=1}^n I_{nbfj}$ рассчитывается, как следует из [4], отношением стоимости производственных затрат на получение чистой конечной продукции $\sum_{i=1}^n C_{ij}^{knn}$ безотходного и экологически чистого производства с общими затратами $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{bonp}$, отнесенными к стоимости производственных затрат на получение конечного продукта (изделий, товаров) современными ресурсоемкими производствами с теми или иными видами утилизируемых и не утилизируемых отходов. Для получения данного индекса можно воспользоваться уравнением баланса (5), в котором показатель $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{knn}$ и отражает произ-

водственные (экономические) затраты современных ресурсоемких производств. Тем более что в уравнении (5) содержатся и элементы безотходного производства. Следовательно, интегральный индекс $\sum_{i=1}^n I_{nбi}$ определяется уравнением:

$$\sum_{i=1}^n I_{nбi} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{ij}^{uc} + \sum_{i=1}^n C_{ij}^{чкп} + \sum_{i=1}^n C_{ij}^{mc} + \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{ккз} + \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{pzn} + \sum_{i=1}^n \Phi_i^{нф}}{\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{чкп}} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{бонр}}{\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{чкп}}, \quad (8)$$

в котором в составе $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{чкп}$ имеют место и отходные производственные затраты $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{отх.з}$, равные

$$\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{отх.з} = \sum_{i=1}^n Z_{oij}^{yoc} + \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{ном} + \sum_{i=1}^n Y_{ij}^{zoc} + \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{np}. \quad (9)$$

Они определяют уровень безотходности производств. Среди этих затрат доминирующими являются затраты $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{yoc}$, которые определяются комплексом затрат, связанных с образованием и движением

производственных отходов $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{нpo}$ в составе:

$$\sum_{i=1}^n V_{oij}^{нpo} = \sum_{i=1}^n V_{oij}^{yo} + \sum_{i=1}^n V_{oij}^{no} + \sum_{i=1}^n V_{oij}^{oz} + \sum_{i=1}^n V_{oij}^{oc} + \sum_{i=1}^n V_{oij}^{e.nep}. \quad (10)$$

Чем больше значение $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{нpo}$, тем больший уровень отходности производств и большие затраты $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{отх.з}$.

Следует также отметить, что от величины отходов, уходящих в окружающую среду $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{oc}$, непосредственно зависят затраты $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{ном}$ на реализацию природоохранных мероприятий и связанные с экономическим ущербом, т.е.

$$\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{ном} + \sum_{i=1}^n Y_{ij}^{zoc} = \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{oc} = f\left(\sum_{i=1}^n V_{oij}^{oc}\right), \quad (11)$$

где $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{oc}$ – затраты реальной экономики, связанные с охраной окружающей среды и экологичностью отраслей экономики природопользования.

Вопросы анализа и оценки экономического ущерба $\sum_{i=1}^n Y_{ij}^{zoc}$ от загрязнения природных компонентов окружающей среды и затрат на реализацию природоохранных мероприятий $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{ном}$ подробно рассмотрены в работе [7].

Для оценки уровня безотходности с помощью интегрального индекса $\sum_{i=1}^n I_{nбi}$ представим его в преобразованном виде с использованием уравнений (8) и (9):

$$\sum_{i=1}^n I_{nбi} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{бонр}}{\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{бонр} + \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{отх.з}}, \quad (12)$$

в котором количественная составляющая $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{omx.z} = f\left(\sum_{i=1}^n V_{oj}^{ppo}\right)$ в основном и определяет уровень безотходности производств. Теоретически и практически значение этого индекса может меняться от макси-

мального значения $\sum_{i=1}^n I_{nbij} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{bonp}}{\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{bonp}} = 1$ при $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{omx.z} = 0$ (полностью безотходное производство) до

$\sum_{i=1}^n I_{nbij}^{\min} = 0,5 \sum_{i=1}^n I_{ij}^{\max}$ при $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{bonp} = \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{omx.z}$ и при условии, что $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{bonp} = 1$ (т.е. $\sum_{i=1}^n I_{nbij}^{\min} = \frac{1}{1+1} = 0,5$). Если

$\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{bonp} < \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{omx.z}$, то производство работает в основном с нулевой рентабельностью и его функционирование экономически невыгодно (требуется усовершенствование технологического процесса).

В реальных современных i -х технологических процессах отраслей экономики, использующих те или иные j -е виды природных ресурсов, уровень их безотходности, определяемый интегральным индексом, в большинстве случаев может меняться в пределах от 1 до 0,5. Исключение составляют, например, горно-добывающая и горно-обогатительная промышленность (добыча золота, алмазов, урана и т.д.), у которых I_{nbij} может изменяться от 0,01 до 0,5.

К числу важных показателей рационального природопользования относится также уровень энергоёмкости технологических процессов отраслей экономики и отдельных производств, который определяется отношением количества используемого топливно-энергетического сырья на единицу получаемой продукции Q_{ij}^{np} и может быть получен из уравнения (4) материально-энергетического баланса $B_{ij}^{mab} \left(\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{mco} \right)$ в виде

интегрального индекса $\sum_{i=1}^n I_{x mij}$:

$$\sum_{i=1}^n I_{x mij} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{znc} + \sum_{i=1}^n V_{oj}^{asp} + \sum_{i=1}^n V_{oj}^{yrm}}{\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{np}} + \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{mco}}{\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{np}}, \quad (13)$$

в котором первая составляющая отражает чистую как таковую энергоёмкость производств, а вторая – их ресурсоёмкость (природоёмкость). Оба показателя тесно связаны между собой, ибо с увеличением количества исходного перерабатываемого сырья увеличиваются расходы энергии и энергетического сырья на получение конечной продукции $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{np}$.

Уравнение (13) может быть использовано для оценки энергоёмкости и ресурсоёмкости как на микроуровне, так и на макроуровне. На микроуровне рассматривается конкретное i -е предприятие, перерабатывающее определенное количество j -го природного сырья и выпускающее Q_{ij}^{np} количество продукции. На макроуровне данная оценка может выполняться применительно к отдельным отраслям экономики с выпуском значительного набора готового продукта или изделий i -м количеством технологических процессов с использованием j -х видов природного сырья $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{mco}$, а также в рамках экономики страны в целом. В этом случае показатель $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{np}$ отражает ВВП всех ее отраслей в совокупности.

Среди большого количества подлежащих оценке, контролю и управлению факторов и показателей функционирования реальной экономики наиболее значимой является комплексная оценка эколого-экономической эффективности рационального природопользования. По своей сути такая оценка представляет собой многопараметрическую методологию, формализованная реализация которой включает в свой состав рассмотренные выше оценки таких важных показателей технологических процессов, как экологичность, природоёмкость (ресурсоёмкость) и ресурсоотдача, безотходность (уровень безотходности), комплекс производственных отходов, энергоёмкость (уровень энергоёмкости), среди которых показатель ресурсоёмкости определяет фактически и ресурсообеспеченность производств.

В связи с тем, что каждый из перечисленных показателей в процессах управления реальной экономикой подлежит, как было показано выше, минимизации или максимизации с целью достижения необходимой эффективности рационального природопользования, то для формализованной ее оценки наиболее целесообразно использовать критерий оптимизации $\sum_{i=1}^n K_{ij}^{opt}$ с рядом целевых функций, который можно представить в виде следующего функционала:

$$\sum_{i=1}^n K_{ij}^{opt} = f \left(\sum_{i=1}^n I_{zn}^{общ.у}, \sum_{i=1}^n I_{poj}, \sum_{i=1}^n E_{oij}^{po}, \sum_{i=1}^n I_{nbij}, \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{omx.з}, \sum_{i=1}^n V_{oij}^{npo}, \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{nom}, \sum_{i=1}^n I_{ij}^{ame}, \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{np}, \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{vkn} \right). \quad (14)$$

Каждый компонент функционала представляет собой целевую функцию:

$$Z(F_u^i) = Z \left(\sum_{i=1}^n K_{ij}^{orm} \right), i = \overline{1,10}; \quad (15)$$

$$\left. \begin{aligned} Z(F_u^1) &= I_{np}^{ob} \longrightarrow \max (2); \\ Z(F_u^2) &= \sum_{i=1}^n I_{poj} \longrightarrow \max (6); \\ Z(F_u^3) &= \sum_{i=1}^n E_{poj}^{po} \longrightarrow \max (7); \\ Z(F_u^4) &= \sum_{i=1}^n I_{nbij} \longrightarrow \max (8); \\ Z(F_u^5) &= \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{omx.з} \longrightarrow \min (9); \\ Z(F_u^6) &= \sum_{i=1}^n V_{oij}^{npo} \longrightarrow \min (10); \\ Z(F_u^7) &= \sum_{i=1}^n Z_{oij}^{nom} \longrightarrow \min (11); \\ Z(F_u^8) &= \sum_{i=1}^n I_{zmit} \longrightarrow \min (13); \\ Z(F_u^9) &= \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{np} \longrightarrow \max (3); \\ Z(F_u^{10}) &= \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{vkn} \longrightarrow \min (5). \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

При ограничениях:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{nc} [N - (P + H_n)] &\leq \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{nc}; \\ \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{mc} + \sum_{i=1}^n V_{oij}^{vnp} + \sum_{i=1}^n V_{oij}^{unp} &\leq \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{np}, \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

где $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{nc}$, $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{np}$ – нормированные расходы исходного сырья и энергетических ресурсов в i -х технологических процессах, использующих j -е виды природных ресурсов.

Анализ уравнений (14) и (16) показывает, насколько сложным и многофакторным является процесс оценки и управления эколого-экономической эффективностью рационального природопользования. Тенденцию управления с позиции достижения максимально возможного эффекта как раз и характеризует критерий оптимизации в составе системы уравнений (16) (целевых функций). Каждая целевая функция показывает направления организационно-производственных действий с позиций минимизации или максимизации той или иной экономической или экологической составляющей сложной структуры системы управления показателями и отраслями экономики природопользования. Это имеет не только теоретическое, но и практическое значение, так как каждая структурная компонента критерия оптимизации имеет

не только определенное функциональное предназначение, но и самостоятельную оценку с помощью расчетных формул. В то же время вся структура целевых функций характеризует многокомпонентный комплексный подход к решению проблемы управления экономикой страны. Каждый компонент можно рассматривать как одно из звеньев большой цепи процесса управления, состоящих как из приоритетных звеньев, так и менее значимых. С позиций экологии и охраны окружающей среды имеют первостепенное

значение функции $Z(F_4^1) = I_{np}^{ob} \longrightarrow \max$ и $Z(F_4^7) = \sum_{i=1}^n Z_{oij}^{nom} \longrightarrow \min$. С точки зрения ресурсообеспеченности и ресурсоотдачи – функции $Z(F_4^2) = \sum_{i=1}^n I_{poj} \longrightarrow \max$ и $Z(F_4^3) = \sum_{i=1}^n E_{ij}^{po} \longrightarrow \max$. Такой важный

показатель, как энергоёмкость и материалоемкость технологических процессов, определяет функция $Z(F_4^8) = \sum_{i=1}^n I_{xij} \longrightarrow \min$, а уровень безотходности – функция $Z(F_4^4) = \sum_{i=1}^n I_{nbij} \longrightarrow \max$.

Принципиальный подход к проблеме анализа, оценки и управления рациональным природопользованием, характеризуемого целевыми функциями критерия оптимизации эколого-экономической эффективности, представлен алгоритмической схемой на рисунке. Исходными компонентами в данном расчетно-аналитическом комплексе, представленном алгоритмической схемой, является природно-ресурсный потенциал административных территорий в составе ресурсов: водных (ВР), земельных (ЗР), лесных земель (ЛЗ), минерально-сырьевых (МС), биологических (БР) и других; топливно-энергетические ресурсы; количества (объемы) образуемых отходов производств, включая отходы, выбрасываемые в окружающую природную среду, и полученная конечная продукция отдельных производств, отраслей экономики и народного хозяйства страны в целом. Другие промежуточные целевые функции для оценок процессов функционирования отдельных этапов и процессов отраслей экономики и зависимостей для их

расчетов в составе критерия оптимизации $\sum_{i=1}^n K_{ij}^{ant}$ функционально предназначены для обеспечения получения

максимально возможного количества конечной (чистой) продукции (изделий) при минимальных производственных затратах, материалоемкости и энергоёмкости технологических процессов, максимальных безотходности и экологичности производств (при минимальных выбросах отходов в окружающую среду).

Для практического использования полученных целевых функций и критериев оптимизации в целом при выполнении комплекса работ по анализу, оценкам и управлению природопользовательской и природоохранной деятельностью и принятию обоснованных управленческих решений должно быть разработано полноценное информационное обеспечение в виде баз и банков данных. Такая информация имеется, формируется и издается в настоящее время в виде статистических и других документов с участием Минпрома, Минстройархитектуры, Концерна «Белнефтехим», Минтранса, Концерна «Беллегпром», Минсельхозпрода, Минского городского и областного комитетов природных ресурсов и охраны окружающей среды. Однако наиболее ценная информация для указанных целей, отражающая процессы образования, движения и размещения отходов в стране, собрана, обобщена и непрерывно вносится в базы данных (БД) в Отделе промышленной экологии и нормирования РУП «БелНИЦ «Экология». Среди них заслуживает особого внимания базы данных, формируемые в государственном кадастре «Отходы» и в документе «Порядок разработки и согласования нормативов образования отходов производства» [8, 9], а именно БД:

1) удельные показатели образования отходов производства. В составе данной базы данных, включающей рубрики: технологический процесс или вид производства, наименования образующихся отходов и попутных продуктов, значения удельных показателей отходов, обобщены практически все производства и технологические процессы, действующие в различных отраслях экономики Беларуси, соответствующие им образующиеся отходы и попутные продукты, включая количественные показатели отходов;

2) ежегодные данные об образовании, использовании и удалении отходов на предприятиях Республики Беларусь (в разрезе областей), формируемые в базе данных кадастра «Отходы»;

3) обобщенные данные о технологиях по использованию отходов в Республике Беларусь. В базе данных обобщены практически все сведения об имеющихся в стране технологиях, образующихся отходах, объектах применения технологий в разрезе областей, районов и г. Минска;

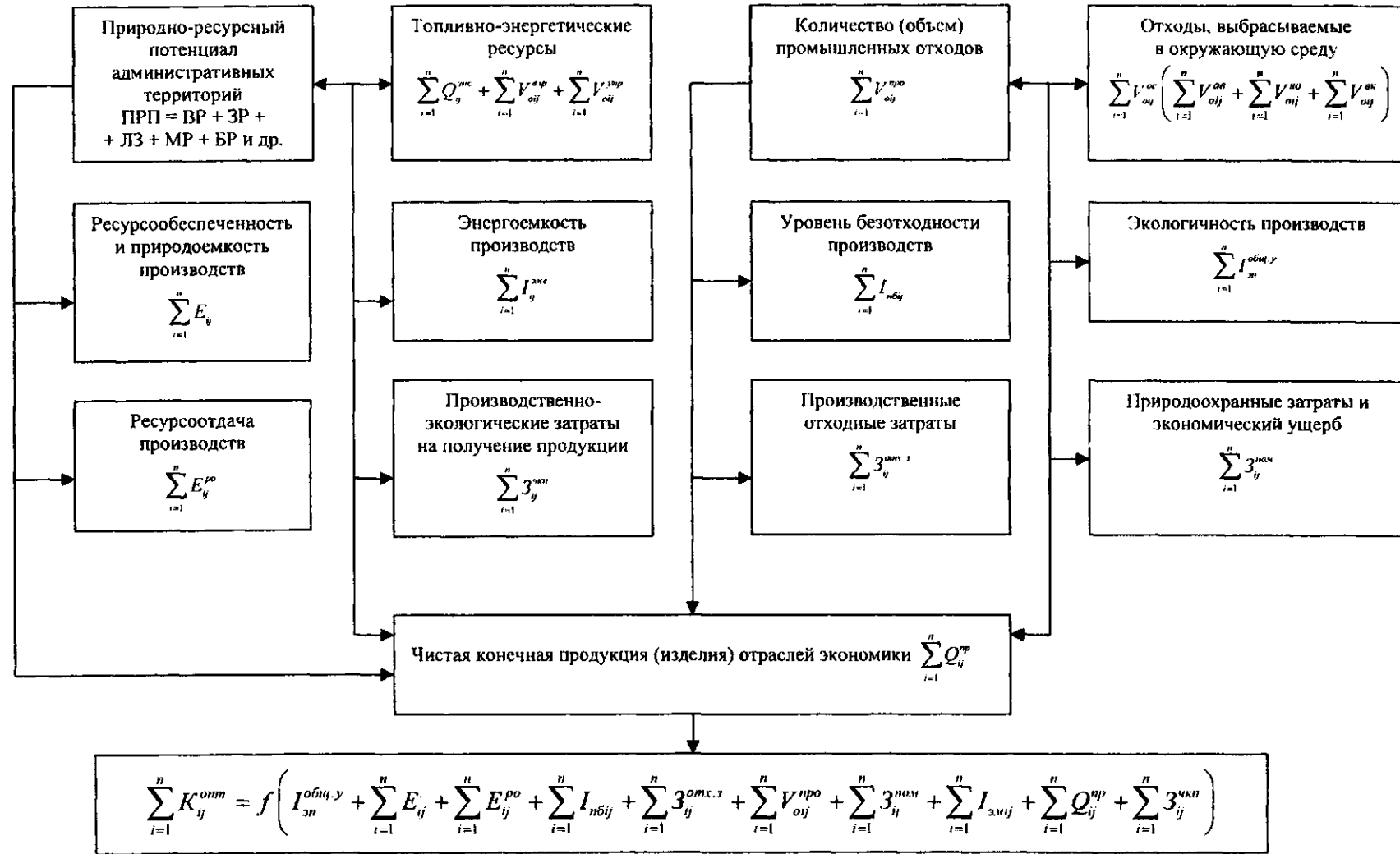
4) перечень видов отходов, для которых имеются технологии по использованию отходов в Республике Беларусь;

5) ежегодные данные об использовании утилизируемых отходов в течение отчетного года в виде вторичных ресурсов различного назначения, включая вторичные энергетические ресурсы;

6) ежегодные обобщенные данные о наличии, образовании и движении в Республике Беларусь утилизируемых отходов;

7) ежегодные данные об образовании и движении отходов в разрезе предприятий;

8) реестры объектов размещения промышленных и коммунальных отходов по областям.



Алгоритмическая схема формализации критерия оптимизации эколого-экономической эффективности рационального природопользования

Другие производственные и экологические показатели, необходимые для выполнения тех или иных расчетов в области рационального природопользования по приведенным выше аналитическим зависимостям, могут быть взяты из государственных статистических материалов, технологических регламентов, экологических паспортов, томов ПДВ, ПДС, АВОС предприятий, из финансовых, природоохранных и других отделов конкретных производств и отраслей экономики, профильных организаций и ведомств, связанных с природопользовательской деятельностью.

В заключение следует отметить, что представленный новый научно-инновационный подход оценки и оптимизации управления эколого-экономической эффективностью рационального природопользования в составе основных определяющих показателей эффективности промышленных производств может быть использован для обоснования целевого назначения инновационных проектов в области интенсификации технологических процессов реальных отраслей экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Войтов, И.В. Стратегия устойчивого развития Республики Беларусь и Государственная программа инновационного развития на 2007 – 2010 годы. Республика Беларусь: инновационная экономика – конкурентоспособность – безопасность / И.В. Войтов // Сб. докл. XIV Белорусского конгр. по телекоммуникациям, информационным и банковским технологиям «ТИБО-2007» / под ред. Е.П. Сапелкина. – Минск: ГУ «БелИСА», 2007. – 236 с.
2. Недилько, В.Н. О механизме государственной поддержки науки и инноваций: сб. науч. тр. / В.Н. Недилько, А.Н. Коршунов, И.В. Хартонин; под ред. В.Н. Недилько. – Минск: ГУ «БелИСА», 2004. – 164 с.
3. План реализации Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2007 – 2010 годы. – Минск: ГУ «БелИСА», 2007. – 400 с.
4. Шимова, О.С. Основы экологии и экономики природопользования / О.С. Шимова, Н.К. Соколовский. – Минск: БГЭУ, 2002. – 368 с.
5. Неверов, А.В. Экономика природопользования / А.В. Неверов. – М.: Высш. шк., 1990. – 216 с.
6. Экология и экономика природопользования / Э.В. Гирусов [и др.]. – М.: Закон и право, ЮНИТИ, 1998. – 455 с.
7. Методика определения предотвращенного экологического ущерба. – М.: Госком по охране ОС, 1999. – 105 с.
8. Разработка порядка согласования нормативов образования отходов производства / РУП «БелНИЦ «Экология». – Минск, 2006. – 109 с.
9. Обеспечение ведения государственного кадастра «Отходы» на основании формы госотчётности 2-ОС (отходы) / РУП «БелНИЦ «Экология». – Минск, 2006. – 324 с.

Поступила 06.03.2008