

И.В. ВОЙТОВ, М.А. ГАТИХ, В.А. РЫБАК

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКАМ СОСТОЯНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

New scientifically-valid methodological principles of estimation and analyze of level of effectiveness of technological processes of innovations productions are proposed. The principles based on equations of basic balances. Use of proposal principles allows to control of effectiveness of innovations projects and realize their compare and analyze.

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 важных этапов инновационной деятельности и инновационного развития экономики Республики Беларусь [1, 2].

План Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь (ГПИР РБ) на 2007–2010 гг., планы-графики его реализации и анкета проведения мониторинга инновационных проектов (МИП) выступают на данном этапе основополагающими нормативно-правовыми и технико-экономическими документами в области инновационного развития нашей страны [3–5]. В этих документах достаточно полно изложены структура, состав, основные показатели и планы реализации ГПИР РБ.

Система мониторинга ГПИР РБ отличается довольно сложной многоуровневой структурой, большим количеством показателей и параметров состояния и развития инновационных производств (ИП), функциональная структура которой представлена на рисунке. В качестве основных исполнителей программы определены организации (инновационные производства), а также государственные заказчики (министерства, комитеты, концерны, областные исполнительные комитеты и др.), функциональные обязанности которых изложены в соответствующих документах [3, 4].

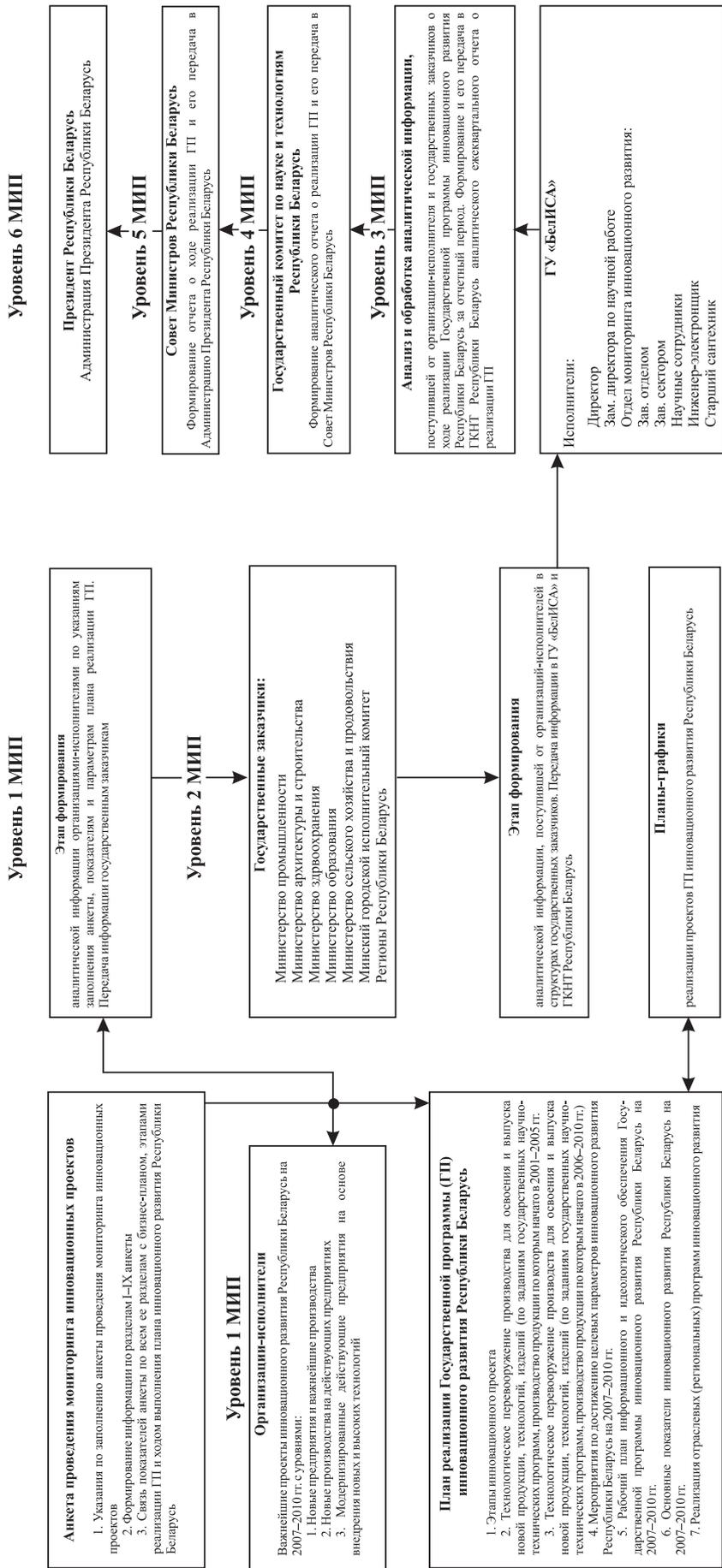
Как следует из рисунка, функциональная структура системы мониторинга ГПИР РБ включает 6 основных уровней МИП: 1 – организации-исполнители, 2 – государственные заказчики, 3 – ГУ «БелИСА», 4 – Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь, 5 – Совет Министров Республики Беларусь, 6 – Администрация Президента Республики Беларусь.

В настоящее время, кроме названных в [3–5] показателей ГПИР РБ, не меньшее внимание уделяется и эколого-экономическому развитию народного хозяйства в целом и отдельных отраслей экономики, включающему ряд мероприятий, показателей и параметров рационального природопользования и охраны окружающей природной среды (ОС). Среди них следует отметить ресурсообеспеченность, природоемкость, энергоемкость, уровни безотходности производств, количество утилизируемых и не утилизируемых отходов, экономический ущерб от загрязнения ОС и другие показатели, о которых будет сказано далее и которые учитывались при оценке состояния инновационных производств в качестве параметров, в той или иной мере влияющих на эффективность технологических процессов этих производств.

Проблеме анализа и оценке эколого-экономической эффективности рационального природопользования (ЭЭЭРП) уделяется большое внимание в нашей стране [6, 7] и за рубежом [8]. Так, в [6] предложена формула для определения интегрального показателя $\mathcal{E}_{\text{пр}}$ рациональной эколого-экономической эффективности производств с учетом стоимости природных ресурсов:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{ЧП}_i^{\Phi}}{\sum_{i=1}^n [(c+v) + (v+a)^H p^H] + \sum_{j=1}^m \text{Ц}_j}, \quad (1)$$

где $i(1, n)$ – индекс отраслей, входящих в региональную природно-хозяйственную систему; ЧП_i^{Φ} – 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; Ц_j – цена j -го природного ресурса.



Функциональная структура системы мониторинга Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2007–2010 гг.

Уравнение (1) отражает фактическую экономическую эффективность $\sum_{i=1}^n \Xi_{npi}$ общественного производства в целом, которое состоит из i -го количества отраслей экономики, потребляющих определенное 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 Z_i . Учитывая функциональные сложности системы мониторинга, структуры и состава ГПИР РБ, представляется целесообразным формализовать оценочные показатели с использованием уравнений балансов, которые, в отличие от сложных методов математического моделирования на основе физических моделей, отличаются простотой и доступностью для использования специалистами с высшим научно-техническим или экономическим образованием. Предполагается использовать следующие уравнения балансов:

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

$$B_{ij}^{мсб} (\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{мсо}) / \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{нп} = \{ (\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{нс} [N - (P + H_n)] + \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{бп} + \sum_{i=1}^n V_{oij}^{yo} - \sum_{i=1}^n V_{oij}^{но} - \sum_{i=1}^n V_{oij}^{оз} - \sum_{i=1}^n V_{oij}^{oc} (V_{oij}^{ab} + V_{oij}^{bo} + V_{oij}^{bk}) + \sum_{i=1}^n V_{oij}^{в.пер}) \} / \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{нп}, \quad (2)$$

где $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{нс}$ – 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; $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{бп}$ – количество сырья j -го вида, отбракованного в i -м технологическом процессе; $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{yo}$ – количество утилизируемых нормированных отходов из сырья j -го вида в i -м технологическом процессе, потенциально пригодных для вторичной переработки и использования; $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{но}$ – количество не утилизируемых отходов из сырья j -го вида в i -м технологическом процессе, не пригодных для использования в качестве вторичного сырья; $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{оз}$ – количество отходов из сырья j -го вида в i -м технологическом процессе, удаляемых на захоронение или обезвреживание; $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{ab}$ – количество отходов j -го вида в i -м технологическом процессе, уходящих в ОС, включающие: V_{oij}^{ab} – количество отходов j -го вида в i -м технологическом процессе, уходящих в атмосферный воздух; V_{oij}^{bo} – количество отходов j -го вида в i -м технологическом процессе, поступающих на очистное сооружение по очистке сточных вод (в водные объекты); V_{oij}^{bk} – количество отходов j -го вида в i -м технологическом процессе, сбрасываемых в канализацию; $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{в.пер}$ – количество отходов j -го вида в i -м технологическом процессе, поступающих на переработку в качестве вторичного сырья; $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{нп} (\sum_{i=1}^n ЧП_i^{\Phi})$ – количество чистой конечной продукции i -х производств, полученных из j -х материально-сырьевых ресурсов; $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{oc} (V_{oij}^{ab} + V_{oij}^{bo} + V_{oij}^{bk}) =$

$= \sum_{i=1}^n I_{ЭП}^{об.к}$ – обобщенное количество отходов, выбрасываемых в ОС, определяющих экологичность производств.

2. Материально-энергетический баланс $B_{ij}^{мэб} (\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{мэо})$, отражающий энергоёмкость и отношение материально-энергетической обеспеченности $Q_{ij}^{мэо}$ технологических процессов к количеству выпускаемой продукцией $Q_{ij}^{пп}$ (ЧП_{*i*}^Ф):

$$B_{ij}^{мэб} (\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{мэб}) / \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{пп} = \left(\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{мсо} + \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{эпс} + \sum_{i=1}^n V_{ij}^{этр} + \sum_{i=1}^n V_{ij}^{вэр} + \sum_{i=1}^n V_{ij}^{урп} \right) / \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{пп}, \quad (3)$$

где $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{мсо}$ – материально-сырьевая обеспеченность технологических процессов, включающая *j*-е виды необходимого природного сырья для получения продукции $Q_{ij}^{пп}$; $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{эпс}$ – количество основного энергетического природного сырья *j*-го вида в *i*-х технологических процессах (нефть, продукты нефтепереработки, газ, уголь, торф, дрова и др.); $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{этр}$ – количество внутренних электрических, тепловых и трудовых ресурсов *j*-х видов для получения продукции $Q_{ij}^{пп}$; $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{вэр}$ – количество вторичных энергетических ресурсов *j*-го вида в *i*-х технологических процессах; $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{урп}$ – 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, льняного и гидролизного производства и др.).

3. Производственно-экономический баланс $B_{ij}^{пэб} (\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{чкп})$, отражающий общие производственно-экономические (финансовые) затраты $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{чкп}$, отнесенные к полученной чистой конечной продукции

$\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{пп}$ в технологических процессах современных отраслей экономики природопользования:

$$B_{ij}^{пэб} (\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{чкп}) / \sum_{i=1}^n Q_{ij}^{пп} = \left\{ \sum_{i=1}^n Ц_{ij}^{ис} + \sum_{i=1}^n Ц_{ij}^{чкп} + \sum_{i=1}^n Ц_{ij}^{эпс} + \sum_{i=1}^n K_i^{нт} + \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{уно} - \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{пом} - \sum_{i=1}^n Y_{ij}^{зос} + \sum_{i=1}^n Z_{ij}^{рп} + \sum_{i=1}^n Ф_i^{пф} + \sum_{i=1}^n П_{ij}^{ип} + \sum_{i=1}^n N_{ср.i} + \sum_{i=1}^n N_i^{пп} + \sum_{i=1}^n T_i(Z_T) \right\} / \sum_{ij=1}^n Q_{ij}^{пп}, \quad (4)$$

где $\sum_{i=1}^n Ц_{ij}^{ис}$ – суммарная цена нормированного количества *j*-х видов исходного природного сырья в *i*-х технологических процессах инновационных производств; $\sum_{i=1}^n Ц_{ij}^{чкп}$ – суммарная цена чистого конечного продукта *j*-х видов в *i*-х технологических процессах инновационных производств; $\sum_{i=1}^n Ц_{ij}^{эпс}$ – суммарная цена энергетического природного сырья *j*-х видов в *i*-х технологических процессах инновационных производств; $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{уно}$ – суммарные затраты на раздельный сбор и сортировку утилизируе-

мых отходов, транспортировку и захоронение j -х видов неутилизированных отходов, образованных в i -х технологических процессах инновационных производств; $\sum_{i=1}^n Z_{ij}^{\text{ном}}$ – производственные (экономические) затраты j -х видов на реализацию природоохранных мероприятий, обусловленных i -ми технологическими процессами инновационных производств; $\sum_{i=1}^n Y_{ij}^{\text{зoc}}$ – экономический ущерб от загрязнения окружающей среды i -ми технологическими процессами инновационных производств, использующих j -е виды природного сырья; $\sum_{i=1}^n Z_i^{\text{прп}}$ – стоимость основных производственных фондов и нормируемых оборотных средств в i -х технологических процессах инновационных производств; $\sum_{i=1}^n \Phi_i^{\text{нф}}$ – экономические затраты на реализацию готовой (конечной) продукции (изделий), производимой в результате использования i -х технологических процессов инновационных производств из j -х видов природного сырья; $\sum_{i=1}^n K_i^{\text{нт}}$ – стоимость приобретенных i -х новых и модернизированных технологий; $\sum_{i=1}^n \Pi_{ij}$ – прибыль (в денежном исчислении) от реализации инновационной продукции i -ми предприятиями; $\sum_{i=1}^n N_{\text{cp},i}$ – затраты на содержание среднего количества работников i -м предприятием; $\sum_{i=1}^n T_i(Z_T)$ – проектные сроки (время) выполнения инновационных проектов (T_i – плановые и T_{ϕ} – фактические) i -ми предприятиями ГПИР РБ, оцениваемые денежными затратами Z_T .

Компонентный состав уравнений (1) – (4) содержит основные социально-экономические и экологические показатели и затраты, связанные с получением и реализацией конечной продукции или изделий в рамках ГПИР РБ. Они также отражают внутренние и внешние финансовые затраты производств с возможной оценкой эколого-экономической эффективности рационального природопользования, включая анализ и оценку таких основных показателей, как энергоемкость и природоемкость, безотходность, ресурсообеспеченность, различные производственные издержки, образование и движение отходов в реальных отраслях экономики и др. 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 ранее показатели рационального природопользования, причем должно быть соблюдено важное требование – в уравнения балансов должны быть включены все основные его компоненты.

Следует отметить, что для конкретной реализации предлагаемых новых оценочных показателей на основе уравнений балансов в настоящее время накоплена практически вся необходимая информация, сформированная в документах ГПИР РБ [3, 4] и в ежегодно пополняемых соответствующих базах и банках данных [10, 11].

Так, интегральный индекс ресурсообеспеченности (и природоемкости) i -х инновационных производств, использующих $\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{\text{ис}}$ – количество нормированного исходного сырья, $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{\text{yo}}$ – количество нормированных утилизируемых отходов как потенциального вторичного сырья и $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{\text{в.пер}}$ – количество отходов, поступающих на вторичную переработку, можно определить из уравнения (2) – материально-сырьевой обеспеченности $Q_{ij}^{\text{мco}}$ – по формуле

$$\sum_{i=1}^n I_{poij} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{\text{ис}} [N - (P + H_n)] + \sum_{i=1}^n V_{oij}^{\text{yo}} + \sum_{i=1}^n V_{oij}^{\text{в.пер}}}{\sum_{i=1}^n Q_{ij}^{\text{нр}}}, \quad (5)$$

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

Интегральный индекс уровня безотходности производства $\sum_{i=1}^n I_{n\delta ij}$ вычисляется согласно [6, 7] как отношение стоимости производственных затрат на получение чистой конечной продукции $\sum_{i=1}^n \Pi_{ij}^{чкп}$ безотходного и экологически чистого производства с общими затратами $\sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ij}^{бопр}$, включенными в производственные затраты 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 уравнениями баланса (3) и (4), в которых показатель $\sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ij}^{чкп}$ отражает производственные (экономические) затраты современных отходных и ресурсоемких производств, тем более, что в (5) содержатся и элементы безотходного производства. Следовательно, интегральный индекс $\sum_{i=1}^n I_{n\delta ij}$ определяется уравнением

$$\sum_{i=1}^n I_{n\delta ij} = \frac{\sum_{i=1}^n \Pi_{ij}^{ис} + \sum_{i=1}^n \Pi_{ij}^{чкп} + \sum_{i=1}^n \Pi_{ij}^{эпс} + \sum_{i=1}^n \mathcal{Q}_{ij}^{эпр} + \sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_i^{рпг} + \sum_{i=1}^n \Phi_i^{пф}}{\sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ij}^{чкп}} = \frac{\sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ij}^{бопр}}{\sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ij}^{чкп}},$$

согласно которому $\sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ij}^{чкп}$ отражает и затраты на переработку отходов $\sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ij}^{отх.3}$, равные

$$\sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ij}^{отх.3} = \sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{oij}^{уно} + \sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ij}^{пом} + \sum_{i=1}^n \mathcal{Y}_{ij}^{зос} + \sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ij}^{пр}.$$

Они определяют уровень безотходности производств. Среди этих затрат доминирующими являются $\sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ij}^{уно}$, которые определяются комплексом затрат, связанных с образованием и движением производственных отходов $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{про}$, рассчитанным по формуле

$$\sum_{i=1}^n V_{oij}^{про} = \sum_{i=1}^n V_{oij}^{yo} + \sum_{i=1}^n V_{oij}^{но} + \sum_{i=1}^n V_{oij}^{оз} + \sum_{i=1}^n V_{oij}^{oc} + \sum_{i=1}^n V_{oij}^{в.пер}.$$

Чем больше значение $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{про}$, тем больше объем отходов производства и больше затраты $\sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ij}^{отх.3}$.

Следует также отметить, что от величины отходов, поступающих в окружающую среду $\sum_{i=1}^n V_{oij}^{oc}$, непосредственно зависят затраты $\sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ij}^{пом}$ на реализацию природоохранных мероприятий и связанные с компенсацией экономического ущерба, т. е.

$$\sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ij}^{пом} + \sum_{i=1}^n \mathcal{Y}_{ij}^{зос} = \sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ij}^{оос} = f\left(\sum_{i=1}^n V_{oij}^{oc}\right),$$

где $\sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ij}^{оос}$ – затраты реальной экономики, выделяемые на охрану окружающей среды и поддержание экологичности технологических процессов.

Вопросы анализа и оценки экономического ущерба $\sum_{i=1}^n \mathcal{Y}_{ij}^{зос}$ от загрязнения природных компонентов ОС и затрат на реализацию природоохранных мероприятий подробно рассмотрены в работе [9].

Аналогичным образом на основании уравнений балансов (2) – (4) можно произвести оценку энергоемкости, экологичности, природоемкости, экономической эффективности производств, производственных затрат на получение конечной продукции, экономического ущерба от загрязнения окружающей среды и т. д., а также сформировать критерий оптимизации эколого-экономической эффективности технологических процессов инновационных производств.

С целью практического использования полученных уравнений для выполнения комплекса работ по анализу, оценкам и управлению природопользовательской и природоохранной деятельностью и принятия 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 многих организаций-заказчиков, однако наиболее ценная сосредоточена в планах Государственной программы ГПИР РБ [3–5]. Другая информация для указанных целей, отражающая процессы образования, движения и размещения отходов в стране, собрана, обобщена и непрерывно вносится в базы данных отдела промышленной экологии и нормирования РУП «БелНИЦ “Экология”». Среди них заслуживают особого внимания базы данных, формируемые в государственном кадастре «Отходы» и в документе «Порядок разработки и согласования нормативов образования отходов производства» [10, 11].

1. Войтов И. В. // Сборник докладов XIV Белорусского конгресса по телекоммуникациям, информационным и банковским технологиям «ТИБО-2007» / Под ред. Е.П. Сапелкина. Мн., 2007.

2. Недилько В.Н., Коршунов А.Н., Хартоин И.В. О механизме государственной поддержки науки и инноваций: Сб. науч. тр. / Под ред. В.Н. Недилько. Мн., 2004.

3. Планы реализации Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2007–2010 годы. Мн., 2007.

4. План-графики реализации проектов Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2007–2010 годы. Мн., 2007.

5. Анкета проведения мониторинга инновационных проектов, утвержденная приказом ГКНТ РБ от 31 мая 2007 г. № 133 / БелИСА. Мн., 2007.

6. Шимова О.С., Соколовский Н.К. Основы экологии и экономики природопользования. Мн., 2002.

7. Неверов А.В. Экономика природопользования. М., 1990.

8. Экология и экономика природопользования / Э.В. Гирусов и др. М., 1998.

9. Методика определения предотвращенного экологического ущерба. М., 1999.

10. Разработка порядка согласования нормативов образования отходов производства: Отчет о НИР (заключ.) / РУП «БелНИЦ “Экология”». Мн., 2006. № ГР 20063193.

11. Обеспечение ведения государственного кадастра «Отходы» на основании формы госотчетности 2-ОС (отходы): Отчет о НИР (заключ.) / РУП «БелНИЦ “Экология”». Мн., 2006. № ГР 20063775.

Поступила в редакцию 23.05.08.

Игорь Витальевич Войтов – доктор технических наук, профессор, заместитель Председателя Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь.

Михаил Александрович Гатих – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Белорусского института системного анализа «БелИСА».

Виктор Александрович Рыбак – кандидат технических наук, начальник отдела Академии управления при Президенте Республики Беларусь.