

# МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНОК РЕСУРСОБЕСПЕЧЕННОСТИ, ПРИРОДОЕМКОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРОИЗВОДСТВ КАК ВАЖНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ БЕЛАРУСИ

**И. В. Войтов,**

Председатель ГКНТ, д-р техн. наук, профессор

**М. А. Гатих,**

главный научный сотрудник ГУ «БелИСА», д-р техн. наук, профессор

**В. А. Рыбак,**

ведущий научный сотрудник ГУ «БелИСА», канд. техн. наук, доцент

В настоящее время в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 26 марта 2007 г. № 136 «О Государственной программе инновационного развития Республики Беларусь на 2007–2010 годы» и Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25 апреля 2007 г. № 523 «Об утверждении Плана реализации Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь (ГПИИ РБ) на 2007–2010 годы» в Беларуси реализуется Государственная программа инновационного развития экономики страны (ГПИИР).

Государственная программа направлена на достижение главного приоритета страны — перевода национальной экономики в режим интенсивного развития в рамках белорусской экономической модели и определяет цели и задачи инновационного развития экономики, направления, механизмы и средства их реализации. В основу Государственной программы заложено поэтапное построение национальной инновационной системы — современной институциональной модели генерации, распространения и использования знаний, их воплощения в новых

продуктах, технологиях, услугах во всех сферах жизни белорусского общества.

В плане реализации ГПИИР РБ предусмотрены следующие основные показатели (индикаторы реализации):

- выполнение плана-графика и основных показателей программы;
- доля новой продукции в общем объеме продукции промышленности;
- доля инновационно активных предприятий в общем количестве предприятий промышленности;
- доля сертифицированной продукции в общем объеме промышленного производства;
- степень износа активной части основных промышленно-производственных средств на конец года;
- доля инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции промышленности;
- доля затрат на оборудование, инструмент и инвентарь в инвестициях в основной капитал;
- численность работников, выполняющих научные исследования и разработки;

– увеличение финансовых затрат на исследования и разработки за счет средств республиканского бюджета;

– индексы внутренних затрат на исследования и разработки;

– внутренние затраты на исследования и разработки.

Особое внимание в программе уделяется реализации мероприятий по модернизации экономики на основе новых технологических решений на трех уровнях.

I уровень: создание новых предприятий и важнейших производств.

II уровень: создание новых производств на действующих предприятиях.

III уровень: модернизация действующих производств на основе внедрения новых и высоких технологий.

Приведенные производственно-технические показатели, безусловно, важны в Государственной программе с позиций социально-экономического развития экономики. Однако в настоящее время в Беларуси и в зарубежных странах уделяется большое внимание эколого-экономическому состоянию и развитию последней в рамках рационального природопользования и охраны окружающей природной среды (ОС). Рациональное использование природных ресурсов, ресурсообеспеченность, природоемкость и экологичность производств относятся к показателям современного стратегического направления ее развития и совершенствования на базе ГПИР РБ [1].

Среди указанных показателей рационального природопользования и охраны ОС уделяется большое внимание экологизации производств, ресурсосбережению и эффективности использования природных ресурсов (ПР) на основе безотходности и технологичности производственных процессов. Это касается, в первую очередь, Плана развития и модернизации экономики на I–III уровнях технологических решений ГПИР РБ.

Данной проблеме уделяется большое внимание в Российской Федерации и Беларуси [2–18]. Предложены методические рекомендации, принципиальные подходы и расчетные зависимости, позволяющие в основном на качественном уровне проанализировать и оценить указанные и другие показатели рационального природопользования, практическая реализация которых относится к одному из важных направлений инновационного развития Республики Беларусь [1].

Так, А. В. Неверов в своей работе натуральным показателем экологичности и природоемкости технологических процессов предлагает считать коэффициент эффективности использования природного сырья ( $K_{эс}$ ), который рассчитывается как отношение общего веса производимой товарной продукции ( $B_m$ ) к весу сырья ( $B_c$ ), затраченного на ее изготовление [5]:

$$K_{эс} = B_m / B_c. \quad (1)$$

В качестве стоимостного показателя экологической оценки материального производства следует использовать коэффициент уровня безотходности производства ( $K_{бн}$ ), который рассчитывается по формуле:

$$K_{бн} = P_{бн} / P_{вн} = (Ч_{nc} + M_{бн}) / P_{вн} = \\ = (Ч_{nc} + B_{zn} \times P_{cp}) / P_{вн}, \quad (2)$$

где  $P_{бн}$  — продукция безотходного производства, руб.;  $P_{вн}$  — валовая продукция современного производства, руб.;  $Ч_{nc}$  — чистая продукция современного производства, руб.;  $M_{бн}$  — материальные затраты безотходного производства, руб.;  $B_{zn}$  — масса готовой продукции, т;  $P_{cp}$  — средневзвешенная цена единицы веса материальных ресурсов, руб.

Важным показателем в составе безотходного производства является стоимость неутраченных отходов ( $C_{HO}$ ), которая определяется по цене первоначального сырья. Экологическая (стоимостная) оценка неутраченных отходов ( $\mathcal{E}_{HO}$ ) определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{HO} = \sum_1^n \frac{C_{HO}}{E_H}, \quad (3)$$

где  $n$  — виды неутраченных отходов по вредности;  $E_H$  — нормативный коэффициент эффективности средозащитных инвестиций (изменяется в пределах 0,02–0,14).

Зная экологическую оценку неутраченных отходов, можно рассчитать коэффициент экологичности материального производства ( $K_{эл}$ ) по формуле:

$$K_{эл} = \frac{C}{C + \sum_1^n \mathcal{E}_{HO} E_H}, \quad (4)$$

где  $C$  — стоимость сырья, руб.,  $E_H$  — отраслевой норматив эффективности капитальных вложений.

Расчет коэффициента экологичности производства необходим для оценки и сравнения во вре-

мени результирующей природоохранной деятельности предприятий разных ведомств, а также одного и того же предприятия во времени.

Экономическую целесообразность роста экологичности производств отражает следующее неравенство:

$$\mathcal{E}_3 = (C_o \times E_{HO} / E_{HЭ}) > П_q, \quad (5)$$

где  $\mathcal{E}_3$  — величина экономии затрат, связанная с эквивалентной заменой единицы кондиционного сырья вторичным ресурсом (или более полным использованием исходного сырья);  $C_o$  — стоимость образующихся отходов, отрицательно влияющих на ПС при современной технологии переработки единицы исходного сырья, руб.;  $E_{HЭ}$  — нормативный коэффициент экологической эффективности, дифференцированный в зависимости от вредности вещества;  $П_q$  — затраты, связанные с приростом продукции из отходов, эквивалентной по потребительским свойствам единице кондиционного сырья.

Выражение  $C_o \times E_{HO} / E_{HЭ}$  представляет собой величину эффекта капитальных вложений (предназначенную для утилизации экологически вредных веществ (ВВ), образующихся в результате переработки единицы исходного сырья в готовый продукт), то есть экологический эффект [5].

Более значимые научные исследования в области экологической эффективности приведены в работах О. С. Шимовой [4, 11, 14]. Так, природоохранная деятельность предприятия может быть отражена следующими группами показателей [4]:

- натуральными и условными, характеризующими негативное влияние предприятия на состояние ОС (объемы фактических и условных выбросов и сбросов ВВ, образование/размещение отходов, уровней вредных физических воздействий, рассчитанные и фактические, средние и максимальные концентрации ВВ в различных средах и т. д.);

- ресурсопотребление и ресурсный баланс предприятия (потребление кислорода, водопотребление, производство и потребление электроэнергии и т. д.);

- характеристики территории, на которую оказывает воздействие предприятие (плотность населения, структура биоценозов, ценность территории);

- категория опасности предприятия (КОП);
- комплексные показатели, характеризующие экологическую безопасность предприятия;

- эколого-экономические показатели, отражающие стоимостный аспект экологической безопасности.

Такая оценка предприятия производится на основе технической и экологической документации предприятия — томов нормативов ПДВ и ПДС, ОВОС, материалов экологической экспертизы, экологического паспорта, финансовой документации, данных территории расположения предприятия, соответствующих методик расчетов комплексных экологических и эколого-экономических показателей [4].

Экологизация показателей основного производства будет способствовать заинтересованности субъектов хозяйствования в результатах природоохранной деятельности. Так, одним из основных итоговых показателей работы предприятий служит рентабельность, отражающая как количественные, так и качественные результаты. Показатель общей рентабельности ( $R$ ) рассчитывается как отношение общей (балансовой) прибыли ( $П_6$ ) к стоимости основных производственных фондов и нормируемых оборотных средств ( $\Phi$ ) [11, 14]:  $R = П_6 / \Phi$ .

Рост рентабельности производства возможен как за счет возрастания прибыли, так и за счет экономного использования фондов. Однако это никак не отражает последствий воздействия предприятия на ОС, степени природоемкости производства. Необходим расчет чистой прибыли, которая бы отражала как результат производственной деятельности, так и степень ее негативного влияния на ОС. Воздействие на среду проявляется в виде эколого-экономического ущерба. В случае наращивания фондов без учета экологических требований предприятие увеличивает балансовую прибыль, но одновременно растет и ущерб, так как с увеличением объемов производства, как правило, растет его природоемкость. Поэтому при определении рентабельности нужно оперировать размерами чистой прибыли ( $П_ч$ ), рассчитываемой как разница между  $П_6$  и наносимым производственной деятельностью ущербом ( $У$ ) [11].

Однако в процесс производства вовлекаются не только основные фонды, но и ПР, рациональное использование которых тоже должно сказываться на рентабельности предприятия. В «экологизированном» показателе рентабельности необходимо учитывать оценку используемых ПР. В итоге интегральный показатель оценки

работы предприятия — рентабельность — будет рассчитываться следующим образом [11]:

$$R = (П_6 - У) / (\Phi + ПР). \quad (6)$$

Отражение природного фактора в расчетах экономической эффективности — один из инструментов повышения действенности хозяйственного механизма. Авторами [14] предлагается методика учета природно-ресурсной составляющей при определении региональной экономической эффективности производства посредством включения в ее расчет цен на используемые в производстве ПР. При расчетах эффективности на различных уровнях управления необходимо учитывать именно цену, а не величину экономической оценки, поскольку цена характеризует ПР производства в полном объеме, сопоставимом с другими производственными ресурсами.

Формулу определения интегрального показателя региональной экономической эффективности с учетом природно-ресурсной составляющей ( $\mathcal{E}_{np}$ ) в общем виде представляет собой соотношение стоимости чистой продукции и приведенных затрат на ее получение [14]:

$$\mathcal{E}_{np} = \frac{ЧП_i^\phi}{\sum_{i=1}^n [(c + v) + (v + a)^H p^H] + \sum_{j=1}^m П_j}, \quad (7)$$

где  $i(\overline{1, n})$  — индекс отраслей, входящих в региональную народно-хозяйственную систему;  $ЧП_i^\phi$  — 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 стоимости прибавочного продукта, создаваемого в  $i$ -й отрасли хозяйства региона;  $j(\overline{1, m})$  — индекс ПР, используемых в отраслях региона;  $П_j$  — цена  $j$ -го ПР.

Однако, исходя из изложенной выше концепции, чистая продукция региона (отрасли) или конечный продукт (КП) в масштабах всего народного хозяйства с учетом экологических требований должны быть уменьшены на величину возможного экономического ущерба от загрязнения (ЭУЗ) ОС производством. Откорректировав на этой основе формулу 7, унифицированный для всех уровней управления (регионального, отраслевого, народнохозяйственного) показатель (коэффициент) экономической эффективности общественного производства в упрощен-

ном виде может быть определен следующим образом [4]:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{np} &= (КП - ЭУЗ) / (З + П_{np}) = \\ &= ЧКП / (З + П_{np}), \end{aligned} \quad (8)$$

где  $З$  — издержки производства (приведенные затраты);  $П_{np}$  — цена ПР, вовлеченных в хозяйственный оборот;  $ЧКП$  — величина (стоимость) чистого конечного продукта.

Учет природно-ресурсной составляющей в показателях эффективности нацелен как на экономию ресурсов природы, так и на снижение вредного воздействия на ОС, поскольку экономическая эффективность возрастает при снижении потребления ПР и сокращении возможного экономической ущерба техногенного загрязнения ОС.

Уравнение 8 отражает фактически коэффициент экономической эффективности  $\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{npi}$  общественного производства (народного хозяйства) в целом, которое состоит из  $i$ -го количества отраслей экономики, потребляющих определенное количество тех или иных  $j$ -х видов природных ресурсов. Каждая  $i$ -я отрасль производства имеет свои финансовые издержки  $З_i$ . Следовательно, уравнение 8 можно выразить через индекс  $I_{np}^{об}$  и представить следующим образом 9:

$$I_{np}^{об} = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{npi} = \frac{\sum_{i=1}^n ЧП_i^\phi}{\sum_{i=1}^n З_i + \sum_{j=1}^m П_{npj}}. \quad (9)$$

После преобразования можно определить общую (условную) цену  $П_{npi}^{об.у}$  природных ресурсов, вовлеченных в хозяйственный оборот:

$$\begin{aligned} П_{npi}^{об.у} &= \sum_{j=1}^m П_{npj} = \frac{\sum_{i=1}^n ЧП_i^\phi - \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{npi} \sum_{i=1}^n З_i}{\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{npi}} = \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n ЧП_i^\phi}{\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{npi}} - \sum_{i=1}^n З_i \end{aligned} \quad (10)$$

Уравнение 10 позволяет определять условную отраслевую цену каждого ПР, вовлеченного в каждую реальную отрасль экономики, которая в зависимости от их эффективности и других экономических показателей отрасли существенно выше потребительской цены исходного природного сырья, используемого в технологических схемах.

Располагая расчетными данными о потребительских ценах перечисленных выше ПР и расчетными данными об условных ценах этого природного сырья, используемого в технологических процессах отдельных отраслей экономики, и по-

лученными из уравнения 10, представляется возможным определить комплексный (универсальный) критерий природоемкости ( $K_{np}$ ) как разницу цен между этими величинами, которые в определенной мере характеризуют и эффективность переработки и рационального использования исходного ПР в отдельных отраслях экономики. Это касается, например, водных, земельных, лесных и других ресурсов. Следовательно:

$$K_{np_i} = \Delta\Pi_{np_i} = \Pi_{np_i}^{oby} - \Pi_{np_j} = \left( \sum_{i=1}^n \text{ЧП}_i^\phi - \sum_{i=1}^n \text{Э}_{np_i} \sum_{i=1}^n \text{Э}_i \right) / \sum_{i=1}^n \text{Э}_{np_i} - \Pi_{np_j} \quad (11)$$

Применительно к отдельным отраслям экономики, в которых в том или ином виде используются ПР, отраслевые значения коэффициентов природоемкости (и эффективности их использования)  $K_{np_i}$  можно представить в следующем виде:

применительно к водным ресурсам:

$$K_{BP}^{ПВ} = \Delta\Pi_{BP}^{нов.в.} = \frac{\text{ЧП}_B^{\Phi_{нов}} - \text{Э}_B^{нов} \text{З}_B^{нов}}{\text{Э}_B^{нов}} - \Pi_{BP}^{нов},$$

поверхностные воды; (12)

$$K_{BP}^{ПВ} = \Delta\Pi_{BP}^{под.в.} = \frac{\text{ЧП}_B^{\Phi_{под}} - \text{Э}_B^{под} \text{З}_B^{под}}{\text{Э}_B^{под}} - \Pi_{BP}^{под},$$

подземные воды; (13)

применительно к земельным ресурсам:

$$K_{ЗР} = \Delta\Pi_{ЗР} = \frac{\text{ЧП}_{ЗР}^\Phi - \text{Э}_{ЗР} \text{З}_{ЗР}}{\text{Э}_{ЗР}} - \Pi_{ЗР},$$

сельскохозяйственные земли; (14)

$$K_{ЛЗ} = \Delta\Pi_{ЛЗ} = \frac{\text{ЧП}_{ЛЗ}^\Phi - \text{Э}_{ЛЗ} \text{З}_{ЛЗ}}{\text{Э}_{ЛЗ}} - \Pi_{ЛЗ},$$

лесные земли; (15)

применительно к минеральным ресурсам:

$$K_{MP} = \Delta\Pi_{MP} = \frac{\text{ЧП}_{MP}^\Phi - \text{Э}_{MP} \text{З}_{MP}}{\text{Э}_{MP}} - \Pi_{MP},$$

разработка месторождений; (16)

применительно к лесным ресурсам:

$$K_{ЛР} = \Delta\Pi_{ЛР} = \frac{\text{ЧП}_{ЛР}^\Phi - \text{Э}_{ЛР} \text{З}_{ЛР}}{\text{Э}_{ЛР}} - \Pi_{ЛР},$$

заготовка лесных ресурсов; (17)

применительно к побочным биологическим ресурсам (побочное лесопользование):

$$K_{БР} = \Delta\Pi_{БР} = \frac{\text{ЧП}_{БР}^\Phi - \text{Э}_{БР} \text{З}_{БР}}{\text{Э}_{БР}} - \Pi_{БР},$$

побочное лесосырье. (18)

Анализируя показатели  $K_{np_i}$  (формулы 11–18) и значения коэффициентов  $K_{ЭП}$  (4) экологичности ресурсопотребляющих производств:

$$K_{ЭП_i} = \frac{C_j}{C_j + \sum_{i=1}^n \frac{C_{HOj} E_{HOi}}{E_{Hi}}} = \frac{C_j}{C_j + \sum_{i=1}^n \text{Э}_{zi}} \quad (19)$$

несложно убедиться в их тесной функциональной взаимосвязи, которую можно формализовать в виде  $K_{ПРi} = f_1(K_{ЭПi})$  или  $K_{ЭПi} = f_2(K_{ПРi})$ . Из формулы 19 следует, что чем меньше значение  $\sum \text{Э}_{zi}$  в каждой  $i$ -й отрасли, связанной с оценкой полноты использования (переработки) исходного  $j$ -го сырья  $C_j$ , стоимости образующих неутрализованных отходов  $C_{HOj}$  и величиной отраслевых нормативов эффективности капитальных вложений  $E_{HOj}$ , тем выше экологичность тех или иных отраслей экономики, связанных с рациональным использованием  $j$ -х видов ПР. При этом имеется в виду, что стоимость неутрализованных отходов  $C_{HOj}$  определяется по цене первоначального сырья. Если принять, что при условно безотходном или минимально малой отходности производства значения  $\sum \text{Э}_{zi}$  имеют минимальные величины, то совокупная экологичность и безотходность отдельных отраслей народного хозяйства будет характеризоваться наиболее высокими значениями критерия экологичности  $K_{ЭПij}^{max}$  (19), где  $i$  — действующий комплекс отраслей народного хозяйства;  $j$  — вид ПР, используемого ими в качестве сырья с ценовыми показателями, определяемыми уравнениями 11–18. И наоборот, можно условно принять, что при неэффективном использовании ПР, низкой технологичности и высокой степени отходности в составе неутрализованных отходов отраслей экономики их экологичность и экономическая эффективность будут отличаться низкими значениями критерия  $K_{ЭПij}^{max}$ , а показатель  $\sum_{i=1}^n \text{Э}_{zi}$  — наибольшей величиной.

Критериальный подход к формализации данного проблемного вопроса изложен в работе О. С. Шимовой [4], в которой с экологических позиций отдельные отрасли экономики в рамках административных территорий подразделены на три группы: загрязняющие, малозагрязняющие и незагрязняющие. Более того, этот подход к оценке их экологической опасности представлен в работе [4], в которой предприятия по степени экологической опасности и технологичности

(экологичности) подразделяются на три группы: малоопасные предприятия (МП), опасные предприятия (ОП) и особо опасные предприятия (ООП). При этом каждая группа характеризуется набором принципиально важных показателей, в совокупности определяющих косвенно экологичность отдельных отраслей экономики, которая, как следует из работ [4, 5], оценивается уравнением 4 (коэффициентом экологичности  $K_{ЭП}$ ) и уравнением 7 (показателем  $\Delta_{ПР}$  экономической эффективности общественного производства).

Перечень важных экологических показателей представляется целесообразным формализовать в виде обобщенного интегрального индекса экологичности  $I_{ЭП}^{общ}$ , функционально связанного с индексами степени экологической опасности отраслей экономики (предприятий), а именно:  $I_{МП}$  — МП,  $I_{ОП}$  — ОП,  $I_{ООП}$  — ООП. Следовательно,  $I_{ЭП}^{общ} = f_1(I_{МП}, I_{ОП}, I_{ООП})$ . В свою очередь каждый индекс  $I_{ЭП}$  имеет тесную функциональную связь с коэффициентами экологичности (критериями)  $K_{ЭПij}$ , из которых:  $I_{МП} = f_2(K_{ЭПij}^{min})$ ,  $I_{ОП} = f_3(K_{ЭПij}^{cp})$ ,  $I_{ООП} = f_4(K_{ЭПij}^{max})$ .

Как следует из работы [4], интегральный показатель  $I_{ЭП}^{общ}$  позволяет также осуществлять оценку ресурсопотребления отдельных отраслей экономики. Однако главное его достоинство — возможность на основании известных или рассчитываемых по приведенным выше экологическим и экономическим показателям, частично представленных в [4], формализовать экологическую эффективность отраслей экономики, основанных на потреблении тех или иных  $j$ -х видов ПР. Безусловно, экологическая эффективность характеризуется, как было показано выше, и рядом других эколого-экономических показателей: экологичностью, природоемкостью, безотходностью, энергоемкостью, рентабельностью, потребительской стоимостью природного сырья и др. При этом потребительская стоимость природного сырья  $\Pi_{ПРi}$  и расчетный показатель  $\Delta_{ПРi}$ , характеризующий в ценовом выражении ресурсопотребление или природоемкость предприятий (чем больше значение  $\Delta_{ПРi}$ , тем больше ресурсопотребление и природоемкость), позволяют формализовать экологическую эффективность в денежном эквиваленте, включая такую оценку и перечисленных выше экономических показателей эффективного природопользования. При этом имеется в виду, что расчет обобщенного комплексного индекса  $I_{ЭП}^{общ}$  рекомендуется выполнять применительно к отраслям экономи-

ки, потребляющих отдельные  $j$ -е виды ПР, перечень которых и ценовые показатели представлены формулами 11–18. При этом, исходя из сказанного, можно согласиться с тем обстоятельством, что, выполняя комплекс расчетов по определению интегрального индекса экологичности природопользования  $I_{ЭП}^{общ}$ , осуществляется этим самым и оценка эффективности или рационального использования ПР в экономике страны, что является в конечном итоге фундаментальной основой экономики природопользования.

Таким образом, анализируя и обобщая приведенные выше эколого-экономические показатели, в той или иной степени функционально связанные с экологической эффективностью и рациональным природопользованием, этот важнейший критерий рационального природопользования можно представить в виде универсального интегрального индекса  $I_{ЭП}^{общ,y}$ , равного функционалу:

$$I_{ЭП}^{общ,y} = f_5(I_{МН}, I_{ОП}, I_{ООП}, K_{ЭПi}, K_{ПРi}), \quad (20)$$

в достаточной степени отражающего экологическую эффективность экономики в рамках того или иного административного региона страны, где  $K_{ПРi}$  — показатель природоемкости отдельной отрасли экономики, определяемой по формулам 11–18. Соответственно, отраслевые интегральные индексы, связанные с отдельными отраслями экономики, потребляющими  $j$ -е виды ПР, можно формализовать в виде следующих функциональных зависимостей:

водные ресурсы:

$$I_{ЭП}^{нов.в} = f_6(I_{МП}^{нов.в}, I_{ОП}^{нов.в}, I_{ООП}^{нов.в}, I_{ЭП}^{нов.в}, K_{ВР}^{нов.в}); \quad (21)$$

подземные воды:

$$I_{ЭП}^{под.в} = f_7(I_{МП}^{под.в}, I_{ОП}^{под.в}, I_{ООП}^{под.в}, I_{ЭП}^{под.в}, K_{ВР}^{под.в}); \quad (22)$$

земельные ресурсы:

$$I_{ЭП}^{зп} = f_8(I_{МП}^{зп}, I_{ОП}^{зп}, I_{ООП}^{зп}, I_{ЭП}^{зп}, K_{зп}); \quad (23)$$

лесные земли:

$$I_{ЭП}^{лз} = f_9(I_{МП}^{лз}, I_{ОП}^{лз}, I_{ООП}^{лз}, I_{ЭП}^{лз}, K_{лз}); \quad (24)$$

минеральные ресурсы:

$$I_{ЭП}^{мп} = f_{10}(I_{МП}^{мп}, I_{ОП}^{мп}, I_{ООП}^{мп}, I_{ЭП}^{мп}, K_{мп}); \quad (25)$$

лесные ресурсы:

$$I_{ЭП}^{лр} = f_{11}(I_{МП}^{лр}, I_{ОП}^{лр}, I_{ООП}^{лр}, I_{ЭП}^{лр}, K_{лр}); \quad (26)$$

побочные биологические (лесные) ресурсы:

$$I_{ЭП}^{бр} = f_{12}(I_{МП}^{бр}, I_{ОП}^{бр}, I_{ООП}^{бр}, I_{ЭП}^{бр}, K_{бр}); \quad (27)$$

Предложенные аналитические методы анализа и оценок, как отдельных экологических показателей, так и эколого-экономической эффективности ресурсопотребления отрасли экономики и

эффективности использования ПР в рамках рационального природопользования, безусловно представляют собой сложные многофакторные, многопараметрические и многовариантные математические зависимости. Однако они формально позволяют рассчитывать (формализовать) критериальные показатели и интегральные индексы, в совокупности отражающие как социально-экономическую эффективность основных отраслей экономики, так и отдельные компоненты эффективности природоохранной деятельности. К ним относятся: экологичность, природоемкость, антропогенное воздействие на природные комплексы ОС (качественное состояние водных ресурсов, атмосферного воздуха, почвенного покрова и биологических ресурсов), потребительские цены используемых ПР, экологический ущерб от загрязнения природных сред, количественные показатели загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух и стоками в водные объекты и др. Каждый из перечисленных параметров и показателей имеют самостоятельное значение в различных областях природопользования и природоохранной деятельности, могут быть рассчитаны приведенными выше соответствующими зависимостями и в совокупности позволяют формализовать главный критерий экологии — экологическую эффективность (экологичность) рационального природопользования (ЭЭРП). С целью упрощения процедуры последующих расчетов ЭЭРП (и  $K_{npi}$ ) (главных факторов в экологии) высказанное можно формализовать следующей системой зависимостей — уравнениями 11 и 19 в составе:

$$\left. \begin{aligned} & \text{ЭЭРП} = f_{13}(K_{npi}, K_{эni}); \\ & Y_{об} = Y_{BP} + Y_{ЗP} + Y_{MP} + Y_{LP} + Y_{BP}; \\ & \sum_{i=1}^n K_{эni} = \frac{\sum C_j}{\sum_{j=1}^m C_j + \sum_{i=1}^n \Delta_i}; \\ & I_{ПР}^{ОБ} = \sum_{i=1}^n \Delta_{ПРi}; \\ & C_{ПР}^{обу} = \sum_{j=1}^m C_{ПРj}^y; \\ & \sum_{i=1}^n K_{npi} = K_{BP}^{об} + K_{BP}^{под.об} + K_{ЗP} + K_{ЛЗ} + K_{MP} + K_{LP} + K_{BP}; \\ & \sum_{j=1}^m C_{ПРj} = C_{ПВР} + C_{ПДВР} + C_{ЗP} + C_{ЛЗ} + C_{MP} + C_{LP} + C_{BP}; \\ & ПРП = ПВР + ПДВР + ЗP + ЛЗ + МР + ЛР + БР; \\ & \Delta C_{ПРj} = C_{ПРj}^y - C_{ПРj}; \\ & K_{нб} = (C_{нс} + B_{эн} \cdot П_{эн}) / П_{эн}, \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} (28) \\ (29) \end{array}$$

где  $\sum_{i=1}^n K_{npi}$ ,  $\sum_{i=1}^n K_{эni}$  — природоемкость и экологичность  $i$ -й отрасли экономики; ПРП — природно-ресурсный потенциал административной

территории;  $C_{ПВР}$ ,  $C_{ПДВР}$ ,  $C_{ЗP}$ ,  $C_{ЛЗ}$ ,  $C_{MP}$ ,  $C_{LP}$ ,  $C_{BP}$  — потребительские цены природных ресурсов;  $Y_{BP}$ ,  $Y_{ЗP}$ ,  $Y_{MP}$ ,  $Y_{LP}$ ,  $Y_{BP}$  — экономический ущерб от загрязнения компонент природных ресурсов. Остальные обозначения приведены в составе формул, включенных в систему зависимостей (28).

В данной системе зависимостей уравнение 28 является главным, в совокупности отражающим взаимосвязанные показатели  $K_{npi}$  и  $K_{эni}$  — многофакторное состояние ЭЭРП. Система уравнений 29 представляет собой компонентный состав главного уравнения 28. Многовариантность реализации этого критерия заключается в том, что оценки состояния ЭЭРП той или иной отрасли экономики и используемые для оценки функционирования и состояния природных ресурсов отдельные компоненты зависимости (28) могут не определяться. Это зависит, в первую очередь, от степени природоемкости отрасли и полученных расчетных значений  $K_{npi}$ . Аналогичными обстоятельствами будет также определяться вариант расчета показателя  $K_{эni}$  по формуле 19, в которой фигурируют потребительские цены природного сырья  $C_j$ , неутраченных отходов  $C_{НОj}$  и издержки  $i$ -го производства  $\Delta_{ip}$ , связанные с переработкой  $j$ -го сырья и безотходностью (отходностью) технологических процессов.

Процедуры расчетов обобщенных значений критериев  $K_{npi}$  и  $K_{эni}$  представляют собой сложный многоэтапный процесс, состоящий из следующих этапов, представленных в виде алгоритмической схемы на рисунке.

Этап 1. Анализ цели и проблемной природоохранной задачи, сформулированной заказчиком (руководящим лицом или ЛПР) в области экологических проблем, ресурсообеспеченности и ресурсопотребления отдельными отраслями экономики. Выбор конкретной отрасли (код отрасли) экономики, обоснование используемого того или иного вида ПР, определение целевого назначения анализируемой задачи в составе ЭЭРП представлены в системных классификаторах отраслей экономики применительно к использованию  $j$ -х видов ПР.

Этап 2. Анализ и оценка экологической опасности (экологичности) предприятий на основе количественных данных об отходах, выбросах, стоках и показателей КОП.

Этап 3. На основании анализа источников загрязнения ОС, рассмотренных на этапе 2, определяются показатели экологического состояния природных сред ОС.

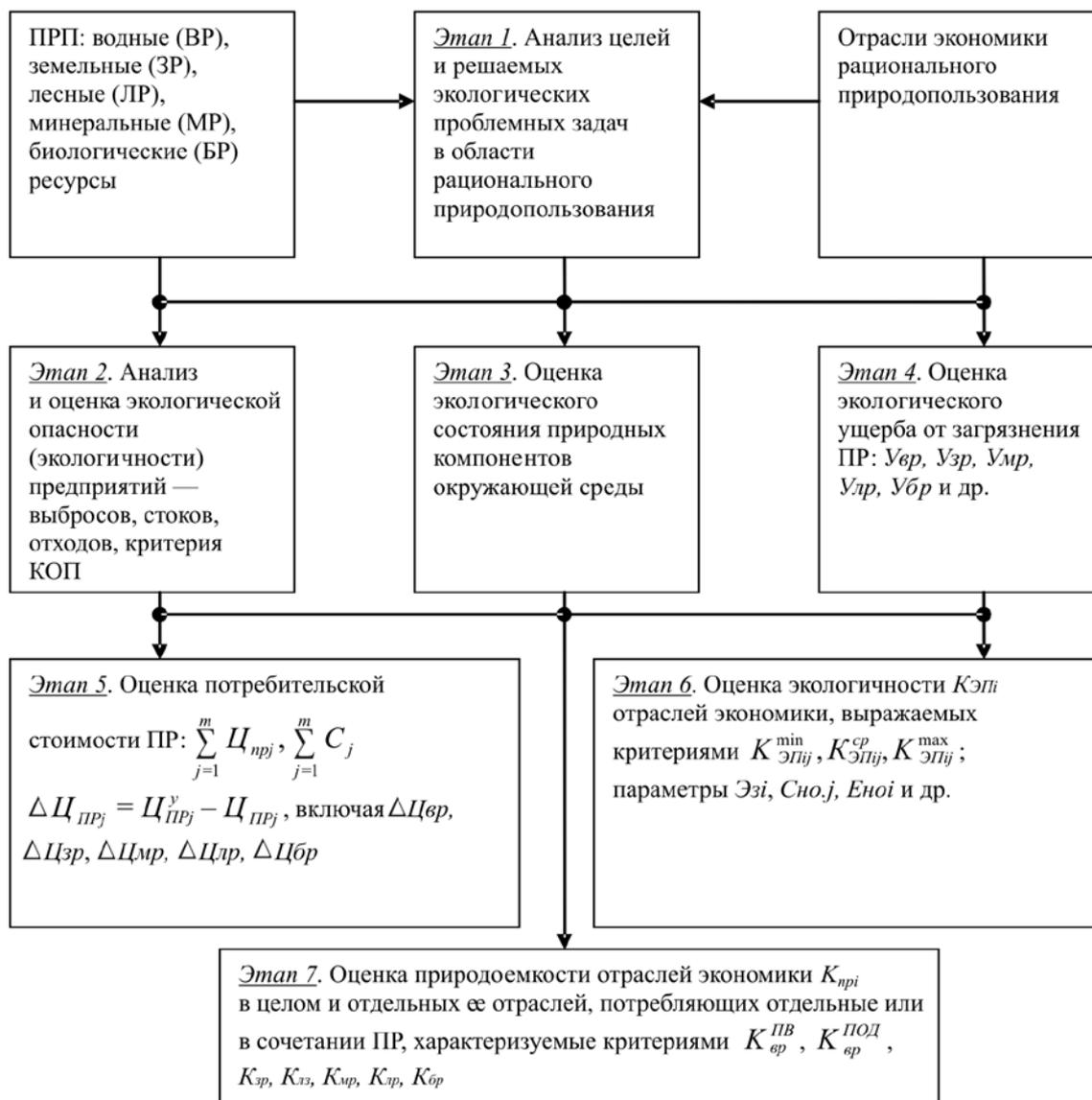


Рисунок. Алгоритмическая схема формализации оценки экологичности и природоемкости рационального природопользования

Этап 4. На основании данных и показателей, определенных на втором этапе работ, осуществляется расчет экономического ущерба народному хозяйству от загрязнения основных природных сред, а именно  $U_{вр}$ ,  $U_{зр}$ ,  $U_{мр}$ ,  $U_{лр}$ ,  $U_{бр}$  в зависимости от целевого назначения решаемой задачи. В случае необходимости определяется и  $U_a$ . Процедуры их расчета приведены в [13, 14].

Этап 5. Определяется оценка потребительской стоимости  $C_j$  и  $C_{нрj}$   $j$ -х видов ПР, используемых в той конкретной отрасли экономики, которая фигурирует в решаемой проблемной задаче, а также значение  $\Delta C_{нрj}$ , включая  $\Delta C_{вр}$ ,  $\Delta C_{зр}$ ,  $\Delta C_{мр}$ ,  $\Delta C_{лр}$ ,  $\Delta C_{бр}$ .

Этап 6. С учетом значений  $C_j$  определяется критерий экологичности анализируемой отрас-

ли экономики  $K_{ЭПi}$ . Определяются также показатели экологичности и безотходности отраслей, выражаемых критериями  $K_{ЭПij}^{min}$ ,  $K_{ЭПij}^{cp}$ ,  $K_{ЭПij}^{max}$ . В составе указанных критериев определяют также параметры  $\Delta_{зр}$  связанные с оценкой полноты использования  $j$ -го сырья  $C_j$ , стоимости образующихся не утилизируемых отходов  $C_{ноj}$  и величиной отраслевых нормативов эффективности капитальных вложений  $E_{ноi}$ .

Этап 7. На основании обобщенного анализа выполненных расчетов по этапам 1–6 производится формализация важного показателя рационального природопользования — критерия природоемкости отраслей экономики  $K_{нpi}$  в целом и отдельных их отраслей, использующих те или иные ПР (водные, земельные, лесные, ми-

нерально-сырьевые и биологические) или в их сочетании, характеризуемые критериями  $K_{BP}^{ПВ}$ ,  $K_{BP}^{ПОД}$ ,  $K_{зр}$ ,  $K_{лз}$ ,  $K_{мр}$ ,  $K_{лр}$ ,  $K_{бр}$ .

Информационное обеспечение для реализации как отдельных параметров, функциональных зависимостей, показателей экологического состояния ОС и эколого-экономической эффективности природопользования, так и формализация ЭЭРП в целом приведены в работах [2–18]. Перечень отраслей (подотраслей) экономики, использующих водные, земельные, лесные, минеральные и биологические ресурсы, приведен в системном классификаторе отраслей экономики (СКОЭ), состоящем из четырех отраслевых классификаторов: СКВР, СКЗР, СКБР и СКМР (водных, земельных, биологических и минеральных ресурсов). При этом, учитывая существенную значимость в экономике природопользования водных и земельных ресурсов, в СКВР и СКЗР приведены обобщенные сведения о сбросах сточных вод в водные объекты основными отраслями — водопользователями и обобщенные сведения о наличии и распределении земель по видам и категориям землепользователей.

Все необходимые показатели, данные и расчетные зависимости для экологических (стоимостных) оценок ПР и экологического ущерба от загрязнения природных сред приведены в методических рекомендациях [12, 13, 15, 17, 18].

В заключение следует отметить, что представленные методические принципы формализации (анализа и оценок) таких важных критериальных показателей рационального природопользования, как ресурсообеспеченность, безотходность, природоемкость и экологическая эффективность отраслей экономики, связанных с потреблением (переработкой) основных ПР, позволяют оценить недостатки и предложить технологические мероприятия по минимизации (безотходность, природоемкость) или максимизации (ресурсообеспеченность, экологическая эффективность) указанных показателей реальной экономики на основе обоснованных инновационных проектов в составе ГПИР РБ.

#### Литература:

1. План реализации Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2007–2010 годы. — Минск: ГУ «БелИСА», 2007. — 400 с.
2. Гирусов, Э. В., Бобылев, С. Н. и др. Экология и экономика природопользования. — М.: Закон и право, ЮНИТИ, 1998. — 455 с.
3. Гусев, А. А. Об экономической оценке природных ресурсов // Экономика природопользования, вып. 5. — М.: ВИНТИ, 2005. — С. 99–103.
4. Шимова, О. С. Управление природопользованием и природоохранной деятельностью. — Минск.: ЮПАК, 2005. — 220 с.
5. Неверов, А. В. Экономика природопользования. — М.: Высшая школа, 1990. — 216 с.
6. Неверов, А. В., Водопьянов, О. В. Экономическая и эколого-экономическая оценка минеральных ресурсов: методология и методика // Природные ресурсы. — № 2. — 2004. — С. 90–99.
7. Неверов, А. В., Редьковская, О. В., Неверов, Д. А. Экономическая оценка биоразнообразия особо охраняемых природных территорий Беларуси // Природные ресурсы. — № 3. — 2001. — С. 89–95.
8. Кочановский, С. Б., Войтов, И. В. и др. Методика и результаты экономической оценки ущерба от загрязнения атмосферного воздуха и водных объектов // Природные ресурсы. — № 3. — 2000. — С. 55–67.
9. Игнатенко, Н. Г., Руденко, В. П. Природно-ресурсный потенциал территорий. Географический анализ и синтез. — Львов: Вища школа, 1986. — 163 с.
10. Методика экологической и социально-экономической оценки природных ресурсов как составной части национального богатства. — М.: НИЭИ, 1998. — 116 с.
11. Шимова, О. С., Соколовский Н. К. Экономика природопользования: учебное пособие. — М.: ИНФРА-М, 2005. — 377 с.
12. Методика определения предотвращенного экологического ущерба. — М.: Госкомитет по охране ОС, 1999. — 105 с.
13. Кочановский, С. Б., Войтов, И. В., Ванеева, И. Т., Неверова, Т. А. Отчет о НИР «Выполнить эколого-экономические оценки ущерба от загрязнения ОС и эффективности природоохранных мероприятий с использованием ЭВМ». — Минск: НИЭИ Минэкономики, 1995. — 231 с.
14. Шимова, О. С., Соколовский, Н. К. Основы экологии и экономика природопользования. — Минск: БГЭУ, 2002. — 368 с.
15. Временная методика определения размера экономического ущерба, причиняемого загрязнением, деградацией и нарушением земель. — Минск: БелНИЦ «Экология», 1997. — 33 с.
16. Актуальные вопросы экономики природопользования: теоретические и практические аспекты / Под ред. О. Ф. Балацкого. — Сумы, 1991. — 197 с.
17. Временная типовая методика определения экономической эффективности и осуществления природоохранных мероприятий и экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. — М.: Экономика, 1986. — 197 с.
18. Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды, вып. 39. — Минск: БелНИЦ «Экология», 2002. — 222 с.