

## ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТОВ ПО ВНЕДРЕНИЮ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА

**О.С. Шимова,**

*доктор экономических наук, профессор кафедры экономики природопользования  
Белорусского государственного экономического университета,*

**Лю Хун Мин,**

*аспирант кафедры экономики природопользования  
Белорусского государственного экономического университета*

Наращивание промышленного производства без принятия адекватных по масштабам природозащитных действий привело на рубеже столетий к экологическому кризису во многих странах. К числу таких государств относится и Китай, где хозяйственные реформы последних тридцати лет сопровождались бурным экономическим ростом и мощным негативным воздействием на окружающую среду. Поэтому сегодня важнейшей задачей, стоящей перед страной, является поиск эффективных организационно-экономических и институциональных механизмов, способствующих улучшению экологической ситуации и стимулирующих хозяйствующие субъекты к принятию мер по экологизации своей экономической деятельности. Именно таким механизмом, адекватным требованиям современного «экологически чувствительного» рынка, служит экологический менеджмент (ЭМ) предприятий. Нормативно-методической базой для формирования и функционирования ЭМ являются международные стандарты ISO серии 14000, регламентирующие условия внедрения систем экологического управления на предприятиях (организациях) или фирмах. Разработка и внедрение систем экологического менеджмента (СЭМ) стали осуществляться в мире сравнительно недавно (с 1990-х годов), но за прошедшие годы тысячи хозяйствующих субъектов в мире проделали необходимую работу для получения сертификатов соответствия международному стандарту ISO 14001, благодаря которому они попадают в престижный круг наибо-

лее экологически надежных предприятий, что способствует повышению их конкурентоспособности на внешних рынках.

Вместе с тем формирование, внедрение СЭМ и ее сертификация – затратные процедуры, требующие дополнительных издержек, что может привести к существенному удорожанию производства, росту себестоимости продукции, снижению рентабельности. В связи с этим необходима всесторонняя оценка экономической ситуации на предприятии для определения возможности и готовности данного хозяйствующего субъекта к процедурам реализации СЭМ. Международный стандарт ISO 14000 не предусматривает такого экономического обоснования, однако его актуальность состоит в том, что создание СЭМ без предварительного анализа реальных возможностей предприятия (а в какой-то мере, как «дань моде» или требование рынка) становится дополнительным бременем, усугубляющим его положение, поскольку не все хозяйствующие субъекты обладают необходимыми для реализации СЭМ экономической устойчивостью и технико-технологическим уровнем.

### ***Организационные аспекты создания СЭМ на предприятиях***

Система экологического менеджмента – это часть общей системы менеджмента предприятия, имеющая организационную структуру, включающую элементы, механизмы, процедуры и ресурсы, необходимые для управления экологическими аспектами его де-

тельности посредством разработки, достижения целей экологической политики, ее пересмотра и корректировки [1. С. 9]. На основе перечисленных элементов СЭМ можно выделить основные этапы ее внедрения и функционирования, которые входят в обобщенную модель системы экологического менеджмента, соответствующую положениям стандарта ISO 14001: 2004 «Системы экологического менеджмента» (рис. 1).

В соответствии с требованиями стандарта ISO 14001, внедрение эффективной системы экологического менеджмента представляет собой решение комплекса взаимосвязанных задач:

- определение экологической политики;
- идентификация экологических аспектов с целью выявления негативных воздействий на окружающую среду;
- соответствие государственной экологической политике и требованиям законодательных актов;

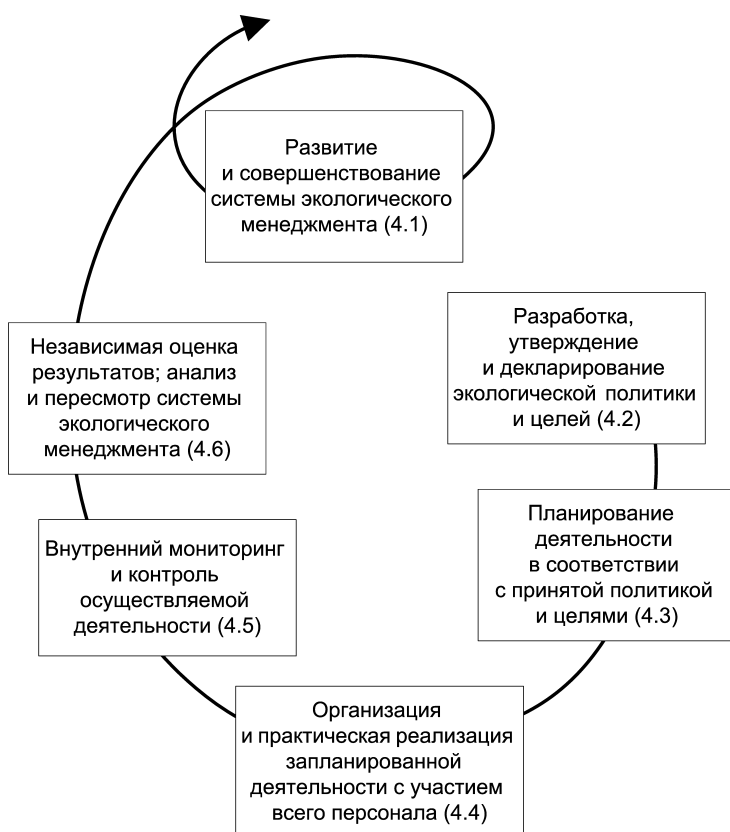


Рис. 1. Обобщенная модель системы экологического менеджмента.

*Примечание.* Цифрами обозначены разделы стандарта, в которых изложены требования к элементам СЭМ.

*Источник.* [2].

- установление целевых (плановых) экологических показателей;
- разработка организационной схемы и программы для реализации сформулированной экологической политики;
- обеспечение функционирования СЭМ;
- проведение сертификации СЭМ, которая основывается на подтверждении ее соответствия требованиям, установленным стандартом ISO 14001.

Как видно из рис. 1, в основе формирования и функционирования системы экологического менеджмента лежат разработка, утверждение и публичное декларирование предприятием экологической политики и целей. Экологическая политика представляет собой набор целей и мер по их достижению, отображающих намерения и обязательства компании по недопущению загрязнения окружающей среды технологическими отходами. В ней должно быть продекларировано, что ответственность за недопущение вредного воздействия берет на себя руководитель предприятия, которое располагает обученным персоналом, правильно понимающим требования системы, постоянно работающим над предупреждением возникающих проблем и обеспечивающим выполнение работ по охране окружающей среды. Политика разрабатывается отделом управления качеством и экологического менеджмента с участием других ведущих структурных подразделений. Кроме того, предприятию необходимо наметить цели в области экологического менеджмента, которыми оно будет руководствоваться в дальнейшей производственной деятельности.

Модель системы экологического менеджмента построена на процессном подходе, чем и определяются ее результативность, выражающаяся в снижении воздействия деятельности организаций на окружающую среду. Процессный подход и методология СЭМ основаны на включении соответ-

ствующих положений в требования к производственным и иным процессам, на учете их при планировании и организации деятельности. При процессном подходе выделяются и контролируются аспекты деятельности, продукция и услуги, связанные со взаимодействием с окружающей средой.

Цикл внедрения СЭМ завершается достижением намеченных результатов. Среди побудительных причин создания СЭМ представители компаний называют снижение воздействия на окружающую среду, штрафов, уменьшение числа случаев нарушений природоохранного законодательства, улучшение отношений с государственными контролирующими органами, экономию ресурсов, повышение инвестиционной привлекательности. Необходимость внедрения СЭМ на предприятиях Китая была обусловлена предстоящим вступлением страны в ВТО, которая рассматривает деятельность по экологическому менеджменту как необходимый элемент деловой активности компаний. Кроме того, в связи с ратификацией КНР Киотского протокола развитие экологического менеджмента крайне актуально для страны уже в ближайшей перспективе.

Однако формирование и внедрение СЭМ ведет к дополнительным издержкам производителей, поэтому в условиях рыночной конкуренции необходимо экономическое обоснование целесообразности этих процедур, которое предлагается осуществлять с помощью комплекса эколого-экономических моделей, позволяющих провести диагностику субъектов хозяйствования на предмет их готовности к созданию СЭМ.

Предлагаемый комплекс включает три модели, представляющие три разных подхода к пониманию экономической роли окружающей среды:

- модель «затраты–выпуск» (метод межотраслевого баланса) как инструмент формирования структуры производства предприятия, обеспечивающий минимизацию объемов отходов его экономической деятельности и оптимальное соотношение экологических и экономических показателей производства;

- модель циркулирующей (функционирующей в воспроизводственном кругообороте) экономики, которая сформирована на

основе базовых концепций циркуляции вещества в природе и термодинамики и призвана выявить, обеспечено ли предприятие конкретными технологическими процессами рециркуляции производства, снижающими экономические издержки одновременно с получением экономической выгоды от удлинения производственной цепи и осуществления других мероприятий, утилизирующих отходы производства, а также позволяет произвести расчет доходов от защиты окружающей среды, полученных при осуществлении циркулирующей экологической модели;

- модель «затраты–выгоды», предназначенная для анализа издержек предприятия по внедрению СЭМ и выгод от защиты окружающей среды, а также получения заключения о том, насколько экономически целесообразно создание и применение этой системы на предприятии.

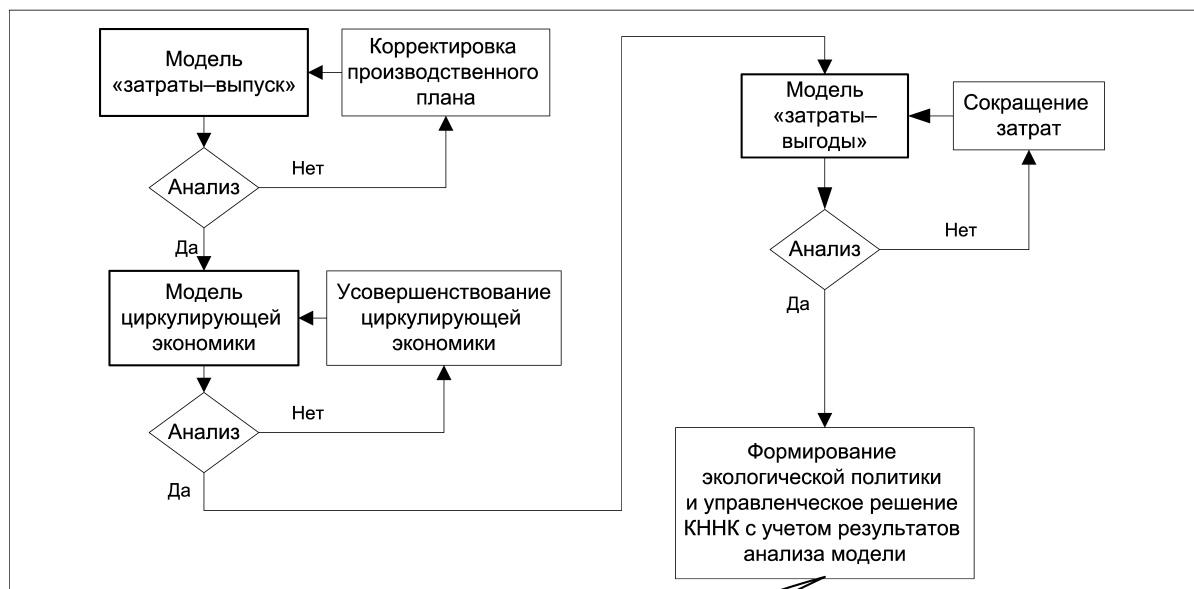
Алгоритм (последовательность) формирования СЭМ на основе комплекса экономических моделей для обоснования целесообразности ее внедрения может быть представлен процедурой, состоящей из пяти шагов (рис. 2).

*Первый шаг:* руководство предприятия декларирует необходимость СЭМ и инициирует процесс анализа и экономического обоснования ее создания.

*Второй шаг:* с помощью модели «затраты–выпуск» анализируется, достигнуты ли в процессе производства продукции максимальная экономическая выгода и минимальные экологические издержки. При положительном ответе («Да») возможен переход к следующей аналитической модели, при отрицательном («Нет») – предприятию необходимо скорректировать производственный план для достижения положительного результата по модели «затраты–выпуск».

*Третий шаг:* проводится анализ по модели циркулирующей экономики. Положительный ответ означает, что предприятие уже исчерпало все возможности циркулирующей экономики, получило достаточный экологический эффект и может переходить к следующей модели анализа. При отрицательном ответе предприятию следует работать над усовершенствованием циркулирующей экономики, а затем вновь провести анализ.

**Комплекс экономических моделей для предварительной эколого-экономической оценки**



**Система экологического менеджмента КННК**

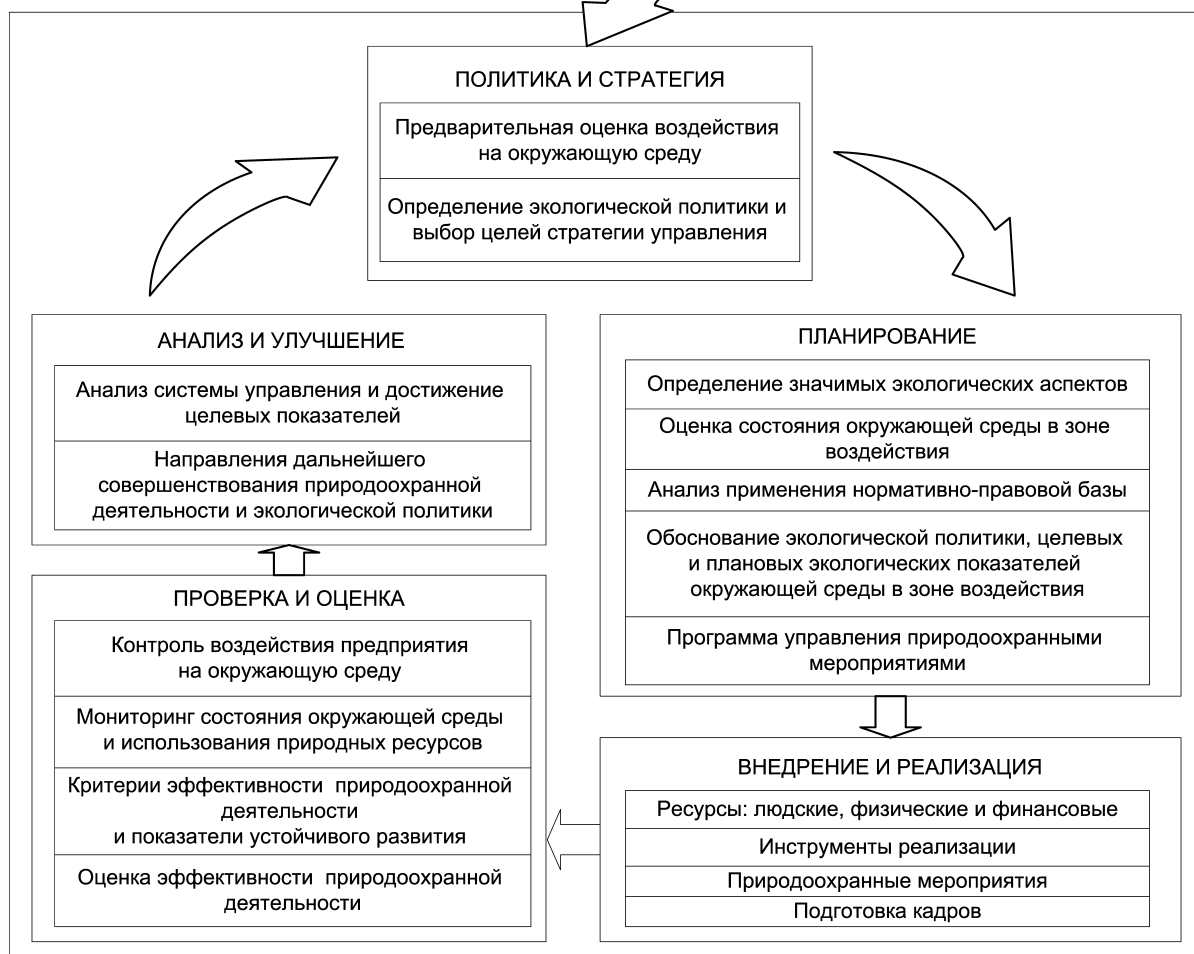


Рис. 2. Алгоритм формирования СЭМ на основе комплекса экономических моделей для обоснования целесообразности ее внедрения.

Источник. Авторская разработка на основе материалов Китайской национальной нефтегазовой корпорации (КННК).

*Четвертый шаг:* подсчитываются и анализируются издержки по созданию и применению СЭМ на предприятии с помощью модели «затраты–выгоды». Экологическая выгода, полученная предприятием, суммируется и сравнивается с экологическими издержками. Если экологическая выгода больше (ответ «Да»), возможен переход к следующему шагу. При ответе «Нет» предприятию следует искать другие пути, например снижение экологических издержек, повышение прибыли до уровня издержек (или выше их), а возможно, обращение к правительству с просьбой об оказании материальной помощи и др.

*Пятый шаг:* в зависимости от результатов четвертого шага формируется стратегический план – предприятие проходит сертификацию СЭМ или же разрабатывает эффективные технико-технологические решения для получения выгод от защиты окружающей среды. В конечном счете результаты анализа и способы усовершенствования формируют экологическую стратегию предприятия.

***Апробация научно-методического подхода к обоснованию проектов формирования СЭМ с использованием комплекса экономических моделей на предприятиях Китайской национальной нефтегазовой корпорации***

Активную позицию по внедрению систем экологического менеджмента занимает Китайская национальная нефтегазовая корпорация (КННК), в которую входят 123 предприятия, занимающихся разведкой и освоением месторождений нефти и газа, их хранением и транспортировкой, нефтепереработкой и производством химической продукции, продажей нефтепродуктов, инженерно-техническим обслуживанием и изготовлением нефтегазового оборудования. КННК принадлежит 5 место в списке 50 крупнейших мировых нефтегазовых компаний, 24-е – в рейтинге «Верхней пятисотки» компаний мира, а также 1 место – среди компаний Китая, осуществляющих добычу, поставку и переработку нефти и газа.

Для повышения конкурентоспособности на внешних рынках и осуществления государственной программы по защите окружающей среды предприятия корпорации с

1998 г. приступили к внедрению систем экологического менеджмента. Внедрение СЭМ позволяет им более ответственно подходить к природоохранной деятельности и в то же время снижать экологические риски, выявлять рыночные возможности, добиваться экономических успехов. К выгодам, которые получают предприятия, прошедшие сертификацию на соответствие стандарту ISO 14001: «Системы экологического менеджмента», в первую очередь относятся: использование сертификата в маркетинговой политике, возможность продвижения продукции на новые международные рынки, удовлетворение требований потребителя в отношении «экологичности» продукции и компании, ее производящей. Одна из наиболее распространенных мотиваций – желание компаний завоевывать позиции на мировых рынках, так как расширение экологической деятельности служит подспорьем в конкурентной борьбе. Косвенными конкурентными преимуществами являются: усиление контроля и управления производственными процессами; повышение качества производимой продукции (услуг); уменьшение ресурсных затрат на единицу продукции, а следовательно – снижение себестоимости продукции; повышение квалификации персонала за счет обязательного (в рамках СЭМ) обучения; повышение ответственности, сознательности работников и улучшение качества выполняемой работы. Обобщенно выгоды от внедрения и функционирования эффективной СЭМ на предприятии показаны на рис. 3.

Вместе с тем формирование СЭМ требует дополнительных расходов, возрастающих с каждым годом. В качестве примера оценки экономической результативности СЭМ была рассчитана эффективность инвестиционного проекта по созданию СЭМ на нефтехимическом комбинате провинции Синьцзян, входящем в состав КННК. Эффективность проекта оценивалась по общепринятой методике с помощью показателей чистой приведенной прибыли (чистой текущей стоимости) –  $NPV$  и внутренней нормы прибыли (внутренней ставки рентабельности) –  $IRR$ . Как известно, проект считается эффективным при положительной величине  $NPV$  и внутренней норме прибыли ( $IRR$ ) не ниже ставки дисконта.



Рис. 3. Выгоды от развития эффективной системы экологического менеджмента.

Источник. Авторская разработка.

В соответствии с проведенными исследованиями, продолжительность периода реализации рассматриваемого инвестиционного проекта составляет 6 лет; норма дисконта ( $r$ ) равна 10%. Показатели валовой прибыли от внедрения СЭМ в году  $t$  ( $B_t$ ) и инвестиции на ее создание в году  $t$  ( $C_t$ ) приведены в табл. 1.

Расчеты показали следующие значения чистой (приведенной) прибыли ( $NPV$ ) и внутренней нормы прибыли ( $IRR$ ):

$$NPV = -410,48, \text{ т. е. } < 0;$$

$$IRR = 6,47\%, \text{ т. е. } < 10\%.$$

Следовательно, проект создания СЭМ на нефтехимическом комбинате пр. Синьциан не благоприятен для инвестирования в настоящее время.

Из-за роста расходов от внедрения СЭМ одни компании не соглашаются на эту процедуру, а другие не могут продолжать использование СЭМ. Сегодня из 123

предприятий КННК только 21 (17,1%) применяет систему экологического менеджмента, на остальных 102 (82,9%) она отсутствует. Решение данной проблемы требует от предприятий еще на этапах планирования осуществить экономическую аргументацию, рассчитать себестоимость и определить выгоды от применения СЭМ.

Предлагаемая нами комплексная модель, объединяющая модели: а) «затраты–выпуск», б) циркулирующей экономики и в) «затраты–выгоды», выполняет не только аналитическую и оценочную (определяющую) функции для реализации проекта по внедрению СЭМ, но и функцию регулирования и повышения эколого-экономической эффективности предприятия. Апробация

данного подхода к экономической аргументации создания СЭМ была осуществлена на примере одной нефтяной компании КННК, расположенной в провинции Цзилинь КНР.

**Разработка эколого-экономической модели «затраты–выпуск».** Предпринята попытка объединить оптимальную модель рационального использования природных ресурсов с моделью «затраты–выпуск» (межотраслевой баланс).

Структура межотраслевого баланса – это своего рода развернутая таблица «затраты–выпуск», в которую добавлены секторы показателей загрязняющих веществ, а также регулирования загрязнения [3]. Единицы измерения всех показателей таблицы должны быть едиными. Предполагается, что в процессах производства и потребления продукции образуются загрязняющие окружающую среду вещества группы  $j$ , например органические вещества в сточных водах, сульфиды в выбросах, твердые жмыхи и шлаки. Матрица показателей, описывающих отношения между продуктами производства, с учетом эколого-экономической составляющей представлена в табл. 2.

Таблица 1

**Инвестиции в создание и внедрение СЭМ на нефтехимическом комбинате пр. Синьциан, юаней**

Показатель	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
$B_t$	0	181 000	322 000	172 000	260 000	222 300	253 000
$C_t$	250 000	381 000	102 000	272 000	60 000	82 300	153 000

Источник. Составлено по данным годовых отчетов КННК.

Таблица «затраты–выпуск» с учетом эколого-экономической составляющей

Затраты	Выпуск										Конечный продукт	Итого
	Продукт экономической деятельности, $j = \overline{1, m}$				Продукт экологической деятельности, $k = \overline{m+1, n}$							
	1	2	...	$m$	1	2	...	$n$				
Продукт экономической деятельности, $i = \overline{1, m}$	1	$x_{12}$	$x_{12}$	...	$x_{1, m}$	$x_{1, m+1}$	$x_{1, m+2}$	...	$x_{1, n}$	$f_1$	$q_1$	
	2	$x_{21}$	$x_{22}$	...	$x_{2, m}$	$x_{2, m+1}$	$x_{2, m+2}$	...	$x_{2, n}$	$f_2$	$q_2$	
	$m$	$x_{m1}$	$x_{m2}$	...	$x_{m, m}$	$x_{m, m+1}$	$x_{m, m+2}$	...	$x_{m, n}$	$f_m$	$q_m$	
Продукт экологической деятельности, $g = \overline{m+1, n}$	$m+1$	$w_{m+1,1}$	$w_{m+1,2}$	...	$w_{m+1, m}$	$w_{m+1, m+1}$	$w_{m+1, m+2}$	...	$w_{m+1, n}$	$f_{m+1}$	$q_{m+1}$	
	$m+2$	$w_{m+2,1}$	$w_{m+2,2}$	...	$w_{m+2, m}$	$w_{m+2, m+1}$	$w_{m+2, m+2}$	...	$w_{m+2, n}$	$f_{m+2}$	$q_{m+2}$	
	$n$	$w_{n,1}$	$w_{n,2}$	...	$w_{n, m}$	$w_{n, m+1}$	$w_{n, m+2}$	...	$w_{n, n}$	$f_n$	$q_n$	
Вид сырья, $1 = \overline{n+1, t}$	$n+1$	$y_{n+1,1}$	$y_{n+1,2}$	...	$y_{n+1, m}$	$y_{n+1, m+1}$	$y_{n+1, m+2}$	...	$y_{n+1, n}$	—	$q_{n+1}$	
	$n+2$	$y_{n+2,1}$	$y_{n+2,2}$	...	$y_{n+2, m}$	$y_{n+2, m+1}$	$y_{n+2, m+2}$	...	$y_{n+2, n}$	—	$q_{n+2}$	
	$t$	$y_{t1}$	$y_{t2}$	...	$y_{t, m}$	$y_{t, m+1}$	$y_{t, m+2}$	...	$y_{t, n}$	—	$q_t$	

Источник. [4. с. 25].

На практике одну группу загрязняющих веществ можно утилизировать или перерабатывать на нескольких промышленных производствах, в то же время одно промышленное производство способно одновременно перерабатывать несколько видов загрязняющих веществ. В нашем случае для упрощения и более удобного анализа каждый вид загрязняющих веществ рассматривается как перерабатываемый на одном определенном производстве, т. е. одному виду загрязняющих веществ соответствует один сектор переработки.

Если выбросы загрязняющих веществ в процессе производства выразить через их чистый объем, а соответствующее снижение выбросов при регулировании их объема – через производство, перерабатываю-

щие отходы, то получим матрицу показателей, в которую введены загрязняющие вещества и производства по переработке отходов (табл. 3).

Рассмотрим более подробно значения символов в табл. 3.

$$X_1 = [x_{ij}]; \quad i, j = 1, 2, \dots, m,$$

где  $x_{ij}$  – количество продукции  $i$ -го вида, затраченной в процессе производства продукции  $j$ -го вида.

$$W_1 = [w_{gj}], \quad g = m+1, m+2, \dots, n,$$

$$j = 1, 2, \dots, m,$$

где  $w_{gj}$  – количество отходов  $g$ -го вида, образующихся при производстве продукта  $j$ -го вида.

Баланс «затраты–выпуск» с учетом эколого-экономической составляющей (блочная структура)

Затраты	Выпуск		Конечный продукт	Итого
	Продукт экономической деятельности	Продукт экологической деятельности		
Продукт экономической деятельности	$X_1$	$X_2$	$F_1$	$Q_1$
Продукт экологической деятельности	$W_1$	$W_2$	$F_2$	$Q_2$
Вид сырья	$Y_1$	$Y_2$	—	$Q_3$

Источник. [4. С. 25].

$$Y_1 = [y_{lj}], \quad l = n+1, n+2, \dots, t,$$

$$j = 1, 2, \dots, m,$$

где  $y_{lj}$  – количество сырья  $l$ , затраченного в процессе производства продукции  $j$ -го вида.

$$X_2 = [x_{ik}], \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

$$k = m+1, m+2, \dots, n,$$

где  $x_{ik}$  – количество продукции  $i$ -го вида, потребленное при производстве  $k$ -го продукта.

$$W_2 = [w_{gk}], \quad g = m+1, m+2, \dots, n,$$

$$k = m+1, m+2, \dots, n,$$

где  $w_{gk}$  – количество отходов  $g$ -го вида, образующихся при производстве  $k$ -го продукта.

$$Y_2 = [y_{lk}], \quad l = n+1, n+2, \dots, t,$$

$$k = m+1, m+2, \dots, n,$$

где  $y_{lk}$  – количество сырья  $l$ , потребленное отделом регулирования отходов в процессе переработки отходов  $k$ -го вида.

$$F_1 = [f_i]; \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

где вектор  $f_i$  – конечное количество  $i$ -го продукта.

$$F_2 = [f_g]; \quad g = m+1, m+2, \dots, n,$$

где вектор  $f_g$  – объем отходов, поступивших в окружающую среду.

$$Q_1 = [q_i]; \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

где вектор  $[q_i]$  – общий объем производства продукции.

$$Q_2 = [q_g]; \quad g = m+1, m+2, \dots, n,$$

где вектор  $[q_g]$  – общий объем отходов.

$$Q_3 = [q_l]; \quad l = n+1, n+2, \dots, t,$$

где вектор  $[q_l]$  – общий объем потребленного сырья.

Количественное соотношение приведенных выше показателей можно передать тремя блоками.

*Первый блок:*

$$q_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} + \sum_{k=m+1}^n x_{ik} + f_i; \quad i = \overline{1, m}. \quad (1)$$

Соотношение (1) показывает, что объем производства  $i$ -го вида продукта определяется его промежуточным потреблением, использованием в виде отходов и его конечным использованием.

В матричном виде  $Q_1$  можно также определить следующим образом:

$$Q_1 = X_1 E_m + X_2 E_{n-m} + F_1, \quad (2)$$

где  $E_m$  – вектор-столбец размерности  $m \times 1$ ;  $E_{n-m}$  – вектор-столбец размерности  $(n-m) \times 1$ .

*Второй блок:*

$$q_g = \sum_{j=1}^m w_{gj} + \sum_{k=m+1}^n w_{gk} - f_g; \quad g = \overline{m+1, n}. \quad (3)$$

Соотношение (3) показывает, что объем отходов рассчитывается как разница между объемами отходов, полученных в процессе производства, и переработанных.

В матричном виде (3) будет иметь вид:

$$Q_2 = W_1 E_m + W_2 E_{n-m} - F_2. \quad (4)$$

Приведенные в (4) показатели  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $F_2$  и  $Q_2$  передают соотношения объемов производства в процессе экономической и экологической деятельности, в сфере конечного использования и в целом по экономике. Например,  $m + 1$  обозначает соотношение баланса отходов: в процессе производства –  $w_{m+1, 1}, w_{m+1, 2} \dots w_{m+1, m}$ ; в процессе переработки отходов –  $w_{m+1, m+1}, w_{m+1, m+2} \dots w_{m+1, m}$ . В процессе переработки ликвидируется  $q_{m+1}$  отходов, выбрасывается в окружающую среду  $f_{m+1}$  отходов.

*Третий блок:*

$$q_l = \sum_{j=1}^m y_{lj} + \sum_{k=m+1}^n y_{lk}; \quad l = \overline{n+1, t}. \quad (5)$$

Объем сырья определяется объемами этого продукта, используемыми в производстве, и его промежуточным потреблением.

В матричном виде (5) будет иметь вид:

$$Q_3 = Y_1 E_m + Y_2 E_{n-m}. \quad (6)$$



Приведенные в (6) показатели  $Y_1, Y_2$  выражают общее потребление сырья в процессах производства и переработки отходов. Например, строка  $n + 1$  в табл. 2 показывает потребление сырья, его распределение для каждого продукта в процессе производства ( $y_{n+1,1}, y_{n+1,2}, \dots, y_{n+1,n}$ ) и переработки отходов ( $y_{n+1,m+1}, y_{n+1,m+2}, \dots, y_{n+1,n}$ ), а также общий объем потребления ( $q_{n+1}$ ).

С использованием указанных выше отчетных данных можно определить технологические коэффициенты.

Коэффициент прямого потребления рассчитывается по формуле:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{q_j}; \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, m}. \quad (7)$$

Совокупность элементов  $a_{ij}$  представляет матрицу  $A_1 = [a_{ij}]$ ;  $i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, m}$ .

$A_1 = [a_{ij}]$  показывает, какое количество продукции  $i$ -го вида необходимо потребить или затратить, чтобы произвести единицу продукции  $j$ -го вида.

Коэффициент прямого получения отходов определяется следующим образом:

$$e_{gj} = \frac{w_{gj}}{q_j}; \quad g = \overline{m+1, n}, \quad j = \overline{1, m}. \quad (8)$$

Совокупность элементов  $e_{gj}$  представляет матрицу  $E_1 = [e_{gj}]$ ;  $g = \overline{m+1, n}, \quad j = \overline{1, m}$ .

$E_1 = [e_{gj}]$  показывает количество отходов  $g$ -го вида, полученное в процессе производства единицы продукции  $j$ -го вида.

Коэффициент прямого потребления сырья в процессе производства исчисляется как:

$$c_{lj} = \frac{y_{lj}}{q_j}; \quad l = \overline{n+1, t}, \quad j = \overline{1, m}. \quad (9)$$

Совокупность элементов  $c_{lj}$  представляет матрицу  $C_1 = [c_{lj}]$ ;  $l = \overline{n+1, t}, \quad j = \overline{1, m}$ .

$C_1 = [c_{lj}]$  показывает количество сырья  $l$ , потребленное в процессе производства единицы продукции  $j$ -го вида.

Коэффициент прямого потребления продукции в процессе переработки отходов рассчитывается следующим образом:

$$a_{ik} = \frac{x_{ik}}{q_k}; \quad i = \overline{1, m}, \quad k = \overline{m+1, n}. \quad (10)$$

Совокупность элементов  $a_{ik}$  представляет матрицу  $A_2 = [a_{ik}]$ ;  $i = \overline{1, m}, \quad k = \overline{m+1, n}$ .

$A_2 = [a_{ik}]$  показывает количество продукции  $i$ -го вида, потребленной в процессе переработки единицы отходов  $k$ -го вида.

Коэффициент получения отходов отделом регулирования отходов рассчитывается по формуле:

$$e_{gk} = \frac{w_{gk}}{q_k}; \quad g = \overline{m+1, n}, \quad k = \overline{m+1, n}. \quad (11)$$

Совокупность элементов  $e_{gk}$  представляет матрицу  $E_2 = [e_{gk}]$ ;  $g = \overline{m+1, n}, \quad k = \overline{m+1, n}$ .  $E_2 = [e_{gk}]$  показывает количество отходов  $g$ -го вида, полученное в процессе переработки единицы отходов  $k$ -го вида отделом регулирования отходов.

Коэффициент потребления сырья отделом регулирования отходов определяется следующим образом:

$$c_{lk} = \frac{y_{lk}}{q_k}; \quad l = \overline{n+1, t}, \quad k = \overline{m+1, n}. \quad (12)$$

Совокупность элементов  $c_{lk}$  представляет матрицу  $C_2 = [c_{lk}]$ ;  $l = \overline{n+1, t}, \quad k = \overline{m+1, n}$ .

$C_2 = [c_{lk}]$  показывает количество сырья  $l$ , потребленное отделом регулирования отходов в процессе переработки единицы отходов  $k$ -го вида.

Все рассчитанные коэффициенты (формулы 7–12) можно объединить в табл. 4.

Проведя тождественные преобразования (формулы 7–12), получим:

Таблица 4

**Дополнительные коэффициенты баланса  
«затраты–выпуск» в экономике предприятия**

Затраты	Выпуск	
	Продукт экономической деятельности	Продукт экологической деятельности
Продукт экономической деятельности	$A_1 (m \times m)$	$A_2 (m \times (n-m))$
Продукт экологической деятельности	$E_1 ((n-m) \times m)$	$E_2 (m \times m)$
Вид сырья	$C_1 ((t-n) \times m)$	$C_2 (t-n) \times (n-m)$

коэффициент процесса производства, полученных отходов и их переработки. С позиции экономической интерпретации, матрицу  $B$  удобно представить в структурированном виде:

$$B = \begin{pmatrix} \{e_{ij}\} & \{e_{ik}\} \\ \{e_{gj}\} & \{e_{gk}\} \end{pmatrix}$$

Источник. [4. С. 26].

$$X_1 = A_1 Q_1; \quad X_2 = A_2 Q_2;$$

$$W_1 = E_1 Q_1; \quad W_2 = E_2 Q_2;$$

$$Y_1 = C_1 Q_1; \quad Y_2 = C_2 Q_2.$$

Введя коэффициенты из таблиц 2–3 в уравнения (2), (3) и (6), получим:

$$Q_1 = A_1 Q_1 + A_2 Q_2 + F_1; \tag{13}$$

$$Q_2 = E_1 Q_1 + E_2 Q_2 - F_2; \tag{14}$$

$$Q_3 = C_1 Q_1 + C_2 Q_2. \tag{15}$$

Объединив формулы (13) и (14), получим:

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1 - A_1 & -A_2 \\ E_1 & E_2 - I_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix}. \tag{16}$$

Для более удобного расчета объема производимой продукции в соответствии с рыночным спросом, а также адекватных полученному конечному продукту отходов и переработанных загрязняющих веществ можно воспользоваться следующей формулой:

$$\begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1 - A_1 & -A_2 \\ E_1 & E_2 - I_2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix}, \tag{17}$$

где  $I_1$  и  $I_2$  – единичные матрицы соответственно 3-го и 2-го порядка.

Матрица  $B = \begin{bmatrix} I_1 - A_1 & -A_2 \\ E_1 & E_2 - I_2 \end{bmatrix}^{-1}$  представляет собой матрицу полных затрат, включая

где  $\{e_{ij}\}$  – объем производства  $i$ -го продукта, который необходим для получения одной единицы  $j$ -го конечного продукта при условии, что полученные отходы будут полностью переработаны;

$\{e_{ik}\}$  – объем производства  $i$ -го продукта экономической деятельности, который приходится на единицу  $k$ -го конечного отхода;

$\{e_{gj}\}$  – объем производства  $g$ -го отхода экономической деятельности на производство единицы  $j$ -го конечного продукта экономической деятельности;

$\{e_{gk}\}$  – объем производства  $g$ -го отхода экономической деятельности на производство единицы  $k$ -го конечного отхода.

Объединив формулы (15) и (17), получим:

$$Q_3 = [C_1 \ C_2] \ B \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix}. \tag{18}$$

Из формулы (18) следует, что для эффективного решения производственных задач, удовлетворения рыночного спроса, достижения экологических целей необходимо полное потребление сырья. Данная информация очень важна для установления баланса между производством, распределением и потреблением.

Для создания оптимального проекта производства, предусматривающего получение максимальной экономической выгоды и одновременно – минимизацию отрицательного влияния на окружающую среду, часто применяют метод линейного программирования. Лицам, принимающим решение, предоставляются целевые функции, основанные на экономической выгоде

де, экологических и комплексных целях. После принятия решения проводятся их анализ и сравнение. Уравнение может составляться на основе всех коэффициентов из табл. 2 и 3.

Построение модели с использованием коэффициента полной зависимости осуществляется с помощью целевых формул уравнений связи. В качестве плановых переменных величин для целевых формул используются  $F_1$  и  $F_2$  из табл. 3. При необходимости можно задать несколько различных целей.

В данном случае, кроме переменных величин конечного продукта  $F_1$  и  $F_2$ , необходимо вводить переменные продукции или объема производства сектора, а также объема затрат продукции каждого сектора. Очевидно, что число переменных намного увеличится, однако с помощью компьютера решить данное уравнение не составит труда. При этом можно не только получить наилучшее решение, но и произвести расчеты по непредвиденным ситуациям и выполнить их четкий анализ. Кроме того, по результатам анализа возможно получение данных и уравнения для определения гра-

ниц, в которых переменные могут изменяться при неизменных теневых ценах. Таким образом, модель обеспечивает осуществление эколого-экономического анализа производства для принятия решений по усовершенствованию технологий, направленных на снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Для более детального исследования проблемы проведен эмпирический анализ по одному из видов продукции нефтяной компании провинции Цзилинь – этилванилину СА (химическая формула  $C_8H_8O_3$ ). Сфера его использования за рубежом очень широка (производство стимуляторов растительного происхождения, дезинфекционных средств, смазочных масел, пеногасителей и др.). На сегодняшний день в мире потребляется примерно 170 тыс. т ванилина в год, в основном США, странами Евросоюза, Японией и Китаем.

Полученная по данным об объемах производства в 2010 г. только одного из 10 филиалов нефтяной компании пр. Цзилинь структура «затраты–выпуск» представлена в табл. 5.

Таблица 5

Основная структура «затраты–выпуск» одного из филиалов нефтяной компании пр. Цзилинь в 2010 г.

Затраты		Выпуск					Конечный продукт, т	Итого
		Продукт экономической деятельности, т			Продукт экологической деятельности, т			
		Гваякол	Глиоксиловая кислота	Катализатор	Устройство переплава золы	Устройство восстановления материнской волны		
Продукт экономической деятельности	Гваякол	47,25	113,27	107,65	15,83	17,14	447,85	748,99
	Глиоксиловая кислота	85,34	66,54	143,35	23,74	31,75	533,96	904,68
	Катализатор	140,11	220,31	215,89	32,71	42,96	458,84	1110,82
Продукт экологической деятельности	Фенол	9,3	21,96	13,53	2,2	3,22	18,01	32,2
	Тяжелые металлы	11,22	35,04	27,22	5,31	7,14	22,22	63,71
Вид сырья	Едкий натр	33,93	42,1	38,96	17,05	13,08	–	145,12
	Бензол	53,44	27,15	41,44	11,28	19,29	–	152,6
	Пищевой спирт	29,85	32,92	54,72	8,36	13,92	–	139,77

Источник. Разработано по данным нефтяной компании пр. Цзилинь.

Следует отметить, что гваякол, глиоксиловая кислота, катализатор являются продукцией процесса производства; фенол, тяжелые металлы – отходами; едкий натр, бензол, пищевой спирт – сырьем; устройства переплава золы, восстановления материнской волны служат для переработки отходов. Итоговые величины продуктов экономической и экологической деятельности, видов сырья подсчитаны с помощью формул (2)–(6), другие данные являются результатом исследования. Посредством расчета с помощью формул (7)–(12) получены эколого-экономические коэффициенты «затраты–выпуск», представленные в табл. 6.

В 2010 г. в нефтяной компании пр. Цзилинь конечное количество продукции ( $F_1$ ) и объем отходов, поступивших в окружающую среду ( $F_2$ ), составили:

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5700 \\ 3800 \\ 4380 \\ 230 \\ 160 \end{bmatrix}. \quad (19)$$

Подставив значения в формулу (17), получим:

$$\begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8309,44 \\ 6874,81 \\ 10021,29 \\ 127,97 \\ 564,14 \end{bmatrix}. \quad (20)$$

Воспользовавшись формулой (18), рассчитываем:

$$Q_3 = \begin{bmatrix} 1346,36 \\ 1402,79 \\ 1265,82 \end{bmatrix}. \quad (21)$$

Как следует из формул (20) и (21),  
• безубыточный объем производства продукции составляет:

$$[Q_1] = \begin{bmatrix} 8309,44 \\ 6874,81 \\ 10021,29 \end{bmatrix};$$

• максимальная способность переработки отходов составляет:

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} [Q_2] = \begin{bmatrix} 127,97 \\ 564,14 \end{bmatrix};$$

• минимальный пороговый объем сырья достигает:

Таблица 6

Эколого-экономические коэффициенты «затраты–выпуск» нефтяной компании пр. Цзилинь

Коэффициент	Коэффициент «Продукты экономической деятельности»			Коэффициент «Продукты экологической деятельности»		
	Гваякол	Глиоксиловая кислота	Катализатор	Устройство переплава золы	Устройство восстановления материнской волны	
Коэффициент «Продукты экономической деятельности»	Гваякол	0,06	0,13	0,10	0,49	0,27
	Глиоксиловая кислота	0,11	0,07	0,13	0,74	0,50
	Катализатор	0,19	0,24	0,19	1,02	0,67
Коэффициент «Продукты экологической деятельности»	Фенол	0,01	0,02	0,01	0,07	0,05
	Тяжелые металлы	0,02	0,04	0,02	0,16	0,11
Коэффициент «Виды сырья»	Едкий натр	0,05	0,05	0,04	0,53	0,21
	Бензол	0,07	0,03	0,04	0,35	0,30
	Пищевой спирт	0,04	0,04	0,05	0,26	0,22

Источник. [5].

$$[Q_3] = \begin{bmatrix} 1346,36 \\ 1402,79 \\ 1265,82 \end{bmatrix}.$$

Анализ рассчитанных на компьютере результатов показал:

- нефтяная компания пр. Цзилинь, в целом, может получить прибыль только при условии, что объем производства гваякола превысит 8309,44 т, глиоксиловой кислоты – 6874,81 т, катализатора – 10 021,29 т;
- максимальная возможность переработки фенола на предприятиях достигает 127,97 т, тяжелых металлов – 564,14 т;
- минимальная потребность в сырье составляет по едкому натру 1,346,36 т, бензолу – 1402,79 т, пищевому спирту – не менее 1265,82 т.

Таким образом, предприятию в процессе производства одновременно необходимо осуществлять утилизацию образующихся загрязняющих веществ. Объем готовой продукции должен превышать пороговое значение, только тогда реализация проекта будет иметь смысл. В противном случае, в том числе в условиях производства новой продукции, прибыль не покроет расходов на переработку отходов. Кроме того, если в процессе производства образование фенола и тяжелых металлов будет превышать пороговые величины, реализация проекта будет нести серьезную угрозу окружающей среде; если затраты на утилизацию указанных загрязняющих веществ превысят размеры полученной прибыли, данный проект также не целесообразен.

Подводя итог, можно утверждать, что предприятие перед вложением средств в определенный производственный процесс должно его экономически обосновать. Необходимо учитывать общий нормативный объем выбросов в окружающую среду, технологические условия самого предприятия, т. е. его способность перерабатывать отходы производства в соответствии с рыночным спросом, прогноз общего объема выпуска продукции и способность к его осуществлению. Только при таких условиях можно гарантировать возможность получения экономической выгоды при соблюде-

нии экологических норм, т. е. обеспечить предприятию устойчивое развитие.

Проверив с помощью модели «затраты – выпуск», достигнуты ли нефтяной компанией пр. Цзилинь максимальная экономическая выгода и минимальные экологические издержки в процессе производства продукции, мы получили положительный ответ («Да»), т. е. расчеты свидетельствуют об оптимальном соотношении экологических и экономических показателей производства. Таким образом, первый этап оценки на состоятельность данной компании по отношению к формированию СЭМ производства пройден успешно, что позволяет продолжить проверку с помощью следующей аналитической модели – *модели «циркулирующей экономики»*.

Ключевыми моментами *циркулирующей экономики* данной компании являются: разведка нефти и газа, их добыча и переработка, вторичное использование воды, контроль за использованием энергетических и природных ресурсов, утилизацией загрязняющих веществ, очистка производства. Создание экологически чистой цепочки производства в процессе нефтехимической переработки, использование циркулирующей схемы производства, рецилинг отходов не только обеспечивают достижение экологической эффективности, но и приносят дополнительный экономический эффект, что, в свою очередь, будет способствовать постепенному повышению уровня развития нефтегазовой корпорации. Расчет экономического эффекта от повторного использования некоторых отходов (в широком смысле слова) нефтепереработки нефтяной компании пр. Цзилинь представлен в табл. 7.

В рамках модели циркулирующей экономики нефтяная компания пр. Цзилинь ежегодно перерабатывает около 6 млн т отходов, в том числе:

- отработанные газы в количестве 1 040 000 т – путем сжигания или рекуперации тепла. При стоимости переработки 1 т газа 50 юаней годовой экономический эффект составляет примерно 52 000 000 юаней;
- отходы производства в количестве 3627,16 т, включая шламы и отработанные

**Экономический эффект (годовой) комплексного использования отходов переработки нефти в компании пр. Цзилинь**

Процесс утилизации	Объем комплексного использования, т	Стоимость 1 т полученного продукта переработки, юаней	Годовой экономический эффект, юаней	Примечание
1. Реинжекция сточной воды	13 820 000	0,8	11 056 000	Экономия от сокращения выбросов – 8 984 000 юаней
2. Повторный сбор «потерянной» нефти	3636	3000	10 908 000	–
3. Получение нефти путем повторной переработки глины	420	3000	1 176 000	Стоимость переработки 1 т глины – 200 юаней

*Источник.* Разработано по данным нефтяной компании пр. Цзилинь.

масла – 110 т. В соответствии со стоимостью переработки 1 т отходов (3000 юаней), годовой экономический эффект достигает 10 881 480 юаней. Кроме того, отработанный катализатор, отходы белой глины, активированный уголь, растворители после высокотемпературной обработки могут быть использованы повторно, что снижает себестоимость производства;

- сточные воды в количестве 3 285 000 т.

Исходя из стоимости переработки 1 т воды (4 юаня), получаем экономическую выгоду в размере 13 140 000 юаней в год.

Таким образом, экологически ориентированная структура нефтехимического производства позволяет превратить отходы в сырье, способствуя тем самым не только экономии природных ресурсов, но и получению экологической и экономической выгоды. Анализ нефтяной компании пр. Цзилинь, осуществленный по второй модели, также дал положительный результат, означающий, что предприятие максимально использовало все возможности циркулирующей экономики. Это позволяет перейти к его оценке с помощью следующей модели – «затраты–выгоды».

Данные анализа по **модели «затраты–выгоды»** для оценки экономических результатов внедрения СЭМ в нефтяной компании пр. Цзилинь обобщены в табл. 8.

Исследование нефтяной компании по данной модели показало, что внедрение СЭМ, систематическое применение мало-затратных методов предотвращения вред-

ных воздействий способны окупить вложения в развитие системы за короткие сроки. Кроме того, при расширении производства затраты на внедрение растут медленными темпами, а объемы переработки сырья и ресурсов увеличиваются значительно. В результате становится очевидным, что только за счет методов предотвращения загрязнений можно получить существенные экономические выгоды.

Проведенный с помощью рассмотренных моделей анализ показал, что внедрение СЭМ для нефтяной компании пр. Цзилинь экономически целесообразно. Однако исследование возможностей применения СЭМ на других предприятиях КННК позволило сделать вывод о том, что для некоторых из них возможен отрицательный результат (табл. 9).

Так, компанией пр. Шэньси не реализован рациональный план производства, в результате производственная прибыль не покрывает затраты по устранению последствий загрязнения окружающей среды. Предприятие не получило оценки «Да» по модели «затраты–выпуск». В нефтяной компании пр. Ганьсу, прошедшей испытание по модели «затраты–выпуск», отсутствуют технологии циркулирующей экономики, нет удлинения производственной цепочки. Как следствие, предприятие не прошло испытание по модели циркулирующей экономики. Нефтяная компания пр. Нинся, получившая положительные оценки по первым двум моделям, не отвечает требованиям третьей модели из-за превышения эко-

**Затраты и выгоды от внедрения СЭМ в нефтяной компании пр. Цзилинь, юаней**

Статья затрат и выгоды от внедрения СЭМ	Сумма затрат	Ежегодные выгоды
Затраты на обучение специалистов	18 620 000	–
Затраты на проведение ОИС	770 000	–
Затраты на обучение сотрудников предприятия	3 400 000	–
Затраты на разработку системных элементов СЭМ силами специалистов организации	5 200 000	–
Затраты на разработку «практических» элементов СЭМ специалистами организации	3 560 000	–
Затраты на сертификацию	4 980 000	–
Затраты на очистку сточных вод	4 100 000	–
Реинжекция сточной воды	–	11 056 000
Повторный сбор «потерянной» нефти	–	10 908 000
Получение нефти путем повторной переработки глины	–	1 200 000
Сокращение образования отходов	–	10 500 000
Сокращение использования сырья и материалов	–	11 000 000
Повышение эффективности использования энергии	–	9 800 000
<b>Итого</b>	<b>40 630 000</b>	<b>54 464 000</b>
Текущие затраты на сокращение образования отходов (в год)	2 200 000	
Текущие затраты на поддержание (в год)	5 800 000	
<b>Ежегодная экономическая эффективность</b>		<b>5 834 000</b>

*Примечание.* Затраты на сотрудников соответствуют 1460 рабочим часам, 70% из которых – работа менеджера в области охраны окружающей среды, здоровья и безопасности.

*Источник.* Разработано по данным нефтяной компании пр. Цзилинь.

гических издержек над прибылью. Положительные результаты от реализации комплексной модели по внедрению СЭМ получены только для нефтяной компании пр. Цзилинь, что подтверждено соответствующими расчетами.

Таким образом, предложенная комплексная модель обеспечивает эффективный анализ и характеризует экономическую и экологическую ситуацию на предприятии в преддверии создания и применения СЭМ, дает руководству компании основания для разработки стратегии ее внедрения.

В случае несоответствия экономики предприятия требованиям внедрения СЭМ необходима модернизация их экологичес-

кой политики. При получении отрицательной оценки по модели «затраты–выпуск» предприятию можно рекомендовать перед вложением средств осуществить тщательный анализ возможности получения экономической выгоды при соблюдении экологических норм, учет общего объема выбросов в окружающую среду в соответствии с разрешенными нормами и технологическими условиями самого предприятия, оценить способность перерабатывать отходы производства в соответствии с рыночным спросом.

При получении отрицательной оценки по модели циркулирующей экономики предприятию необходимы: стимулирование

**Результаты анализа возможностей внедрения СЭМ на предприятиях КННК**

Предприятие	Модель «затраты–выпуск»	Модель циркулирующей экономики	Модель «затраты–выгоды»	Результат
Нефтяная компания пр. Шэньси	–	...	...	Отриц.
Нефтяная компания пр. Ганьсу	+	–	...	Отриц
Нефтяная компания пр. Нинся	+	+	–	Отриц
Нефтяная компания пр. Цзилинь	+	+	+	Положит.

*Источник.* Авторская разработка.

вспомогательных производств, расширение и оптимизация технологической цепочки, структуризация ее элементов, контроль за использованием энергетических и природных ресурсов, содействие утилизации и повторному использованию отходов, снижение уровня загрязнения окружающей среды до достижения минимального уровня выбросов, повышение добавленной стоимости продукции.

Если же предприятие «не прошло» проверку по модели «затраты–выгоды», необходимо либо снижение экологических издержек, либо повышение прибыли до или выше уровня издержек, либо (в случае, когда внутренние возможности исчерпаны) обращение к правительству за соответствующими субсидиями и др. Данные рекомендации помогут предприятиям обеспечить необходимую эколого-экономическую эффективность, отвечающую требованиям внедрения СЭМ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Системы экологического менеджмента*: учеб. пособие / Под ред. Т.В. Гусевой. М.: ДеЛи принт, 2005.
2. *Системы экологического менеджмента*. Требования и руководство по применению. Международный стандарт ISO 14001:2004 // Международная организация по стандартизации [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.iso.org/iso/ru/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=31807](http://www.iso.org/iso/ru/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=31807)
3. *Леонтьев В.В., Форд Д.* Межотраслевой анализ влияния структуры экономики на окружающую среду // Экономика и математические методы. 1972. Т. 8. № 3.
4. *Экологическая ответственность Китайской национальной нефтегазовой корпорации* // КННК [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cnpc.com.cn>
5. *Лю Хун Мин.* Разработка и использование модели «затраты–выпуск» с учетом эколого-экономической составляющей на предприятиях нефтегазового комплекса КНР / Лю Хун Мин // Природные ресурсы. 2011. № 1.



*Материал поступил 14.10.2011 г.*