

УДК 504.062.4

**Э. М. Хайытжанова**

Белорусский государственный технологический университет

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ  
К ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ**

В статье сформулирован методический подход к определению экологического риска на основании оценки значения ущерба и вероятности его возникновения. Изложены две основные причины проявления ущерба: как загрязнения окружающей природной среды (в результате регулярного выброса и сбросов разных источников, загрязнения окружающей среды транспортом, мероприятиями и т. п.) и как возникновение чрезвычайных ситуаций (техногенная авария, пожар, взрыв, землетрясение и т. п.). Рассмотрены принципиальные различия методических подходов к оценке ущерба, дифференцированные по причине их проявления. Выражены виды нанесенных ущербов в результате их возникновения (прямой ущерб, косвенный ущерб), их характеристики, моменты и места появления, эффекты на реципиенты и доля этих ущербов в общей величине экономического ущерба. Приведены формулы для экономической оценки ущерба от снижения качества окружающей природной среды, причиняемого годовыми выбросами загрязнений в атмосферный воздух, формулы для экономической оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций, а также для оценки вероятности возникновения ущерба. Рассмотрены их составляющие факторы, структуры, место и время их использования, их отличия друг от друга.

**Ключевые слова:** экологический риск, оценка, ущерб, риск, загрязнения, чрезвычайные ситуации.

**E. M. Hayytjanova**

Belarusian State Technological University

**METHODICAL APPROACHES  
TO THE ECONOMIC EVALUATION OF ECOLOGICAL RISKS**

In the article the methodical approach to definition of ecological risk on the basis of an estimation of damage and probability of its occurrence is formulated. There are two main reasons for the manifestation of damage: the pollution of natural environment (as a result of regular discharge from various sources, pollution of environment by transport, activities and etc.) and occurrence of emergency situations (technogenic accident, fire, explosion, earthquake, etc.). Principal differences in methodical approaches to damage assessment are considered which were differentiated due to their manifestation. The types of damages caused of their occurrence (direct damage, indirect damage), their characteristics, moments and places of their occurrences, effects on recipients are expressed. Formulas for the economic evaluation of damage from the deterioration of environmental quality, for the economic evaluation of damage caused by annual air pollution emissions, for the economic evaluation of damage from emergencies, and also a formula for assessing the probability of damage are given. Their constituent factors, structures, place and time of their use, their differences from each other are considered.

**Key words:** ecological risk, valuation, damage, risk, pollution, emergencies.

**Введение.** Проблемы экологических рисков долгое время привлекали к себе внимание исследователей. Причиной этого является необходимость формирования оптимального управления экономикой в интересах устойчивого развития, возникновение опасности истощения природных ресурсов в результате роста производства и потребления или нерационального их использования. Первостепенной задачей формирования эффективной системы управления экологическими рисками является определение уровня экологического риска, его оценка.

**Основная часть.** При рассмотрении методических подходов к оценке экологических рисков в первую очередь необходимо определить, что означает термин «экологический риск».

Существует большое количество определений экологического риска. Так, Н. Ф. Реймерс определил экологический риск как вероятность неблагоприятных для экологических ресурсов последствий любых (преднамеренных или случайных, постепенных или катастрофических) антропогенных изменений природных объектов и факторов [1]. Если мы будем широко рассматривать определения экологического риска, тогда определение Н. Ф. Реймерса будет считаться неполным, так как неблагоприятные события, воздействующие негативно на окружающую среду и природные ресурсы, не только возникают из-за антропогенных изменений, но и носят природный характер (т. е. без человеческого влияния). В результате неблагопри-

ятных событий, так же как и экологические ресурсы, жизнедеятельность человека тоже подвергается опасности.

По мнению А. В. Неверова, экологический риск – это количественная характеристика экологической опасности, обусловленная вероятностью нанесения вреда окружающей среде и связанной с ней жизнедеятельности человека [2].

Н. Пахомова, А. Эндрес и К. Рихтер дают экологическому риску более широкое определение, различая два его вида: собственно экологический риск, которому подвергаются экосистемы в результате антропогенного воздействия, и вызванный данным обстоятельством экономический риск [3].

Обобщая несколько материалов, И. П. Деряго сформулировал следующее определение: «Под экологическим риском понимается вероятность нанесения ущерба окружающей среде в результате деятельности человека или реализации неблагоприятных событий природного характера, а также возможность последующего отрицательного воздействия нарушенной окружающей среды на человека и объекты экономики» [4].

Рассмотрев и проанализировав все вышеперечисленные определения экологического риска, можно сформулировать обобщенный вариант: экологический риск – это вероятность возникновения неблагоприятного события природного и (или) антропогенного характера и возможного ущерба в виде потерь материальных и нематериальных ценностей.

Узловыми категориями в данном определении выступают:

- экономический ущерб;
- вероятность возникновения ущерба.

В работе А. А. Гусева описан экономический ущерб как дополнительные затраты, возникающие в народном хозяйстве и у населения вследствие повышенного загрязнения окружающей природной среды сверх такого ее состояния, при котором не возникают негативные последствия, выраженные в количественной форме, от воздействия вредных веществ на объекты (реципиенты), испытывающие это воздействие [5].

Экономические ущербы имеют разные характеристики по причине их проявления. Например, в результате постоянного выбросов происходит загрязнение атмосферного воздуха, почв, водных ресурсов и т. п., которые могут приводить к бифуркационным эффектам. Другого рода причины (природного или (и) антропогенного характера) вызываются чрезвычайными ситуациями.

Рассмотрим принципиальные различия методических подходов к оценке ущерба, дифференцированные по причине их проявления.

**Экономическая оценка ущерба в результате загрязнения окружающей природной среды (ОПС).** Методические подходы к оценке экономического ущерба от снижения качества ОПС специалисты разделяют на две основные группы: методы прямого счета и методы косвенной оценки.

А. А. Гусев предложил три метода прямого счета [5, 6, 7]:

- 1) метод элиминирования факторов, не относящихся к загрязнению;
- 2) метод эмпирических зависимостей;
- 3) комбинированный метод эмпирических зависимостей и элиминирования факторов.

В рамках прямого счета наиболее перспективным приемом построения надежных эмпирических зависимостей является применение метода главных компонент. Сначала устанавливается связь главных компонент, например уровней загрязнения и прочих существенных факторов, с исходными факторами. Затем определяется зависимость состояния реципиента от главных компонент:

$$F_1 = \varphi(X); \quad (1)$$

$$F_2 = \varphi(Z); \quad (2)$$

$$Y = a_0 + a_1 F_1 + a_2 F_2, \quad (3)$$

где  $F_1$  – значение главной компоненты прочих факторов;  $X$  – вектор прочих факторов;  $F_2$  – значение главной компоненты уровней загрязнения;  $Z$  – вектор уровней загрязнения;  $Y$  – состояние реципиента (урожайность, заболеваемость и т. п.);  $a_0, a_1, a_2$  – параметры связи главных компонент с показателем состояния реципиента.

Составляющие интегрального экономического ущерба от загрязнения среды являются комплексной величиной и определяются как сумма ущербов, наносимых отдельным видам реципиентов в пределах загрязненной зоны.

В общем случае экономический ущерб по указанным его составляющим определяется в рамках метода прямого счета:

$$U = \sum_{k=1}^K \min(U_k N_k, P_k, (a_k U_k N_k + b_k P_k)), \quad (4)$$

где  $k$  и  $K$  – номер и число реципиентов;  $U_k$  – денежная оценка компенсации единицы натурального ущерба, причиненного реципиенту  $k$  загрязнением окружающей природной среды;  $N_k$  – значение натурального ущерба, наносимого загрязнением реципиенту  $k$ ;  $P_k$  – затраты на предупреждение влияния загрязненной среды на реципиента  $k$ ;  $0 < a_k, b_k < 1$ .

В качестве примера метода косвенной оценки ущерба рассмотрим экономическую оценку ущерба, причиняемого годовыми вы-

бросами загрязнений в атмосферный воздух ( $Y$ ), для отдельного источника:

$$Y = Y\sigma fM, \quad (5)$$

где  $Y$  – оценка ущерба (руб./год);  $Y$  – множитель, численное значение которого измеряется как «рубль/условная тонна»;  $\sigma$  – коэффициент относительной опасности загрязнения атмосферы над территориями различных типов (курорты, зоны отдыха, населенные места, леса, пашни и т. п.);  $f$  – коэффициент, характеризующий характер рассеивания примесей (высота выброса, температурный режим, скорость ветра и т. п.);  $M$  – приведенная масса годового выброса загрязнений от источника (условные тонны/год):

$$M = \sum_{q=1}^Q A_q m_q, \quad (6)$$

где  $Q$  – общее число примесей, выбрасываемых источником в атмосферу;  $A_q$  – показатель относительной агрессивности примеси  $q$ -го вида (усл. т/год);  $m_q$  – масса годового выброса примеси  $q$ -го вида в атмосферу (т/год);

$$A_q = f(\text{ПДК}_{q\text{нас.}}, \text{ПДК}_{q\text{р.з.}}), \quad (7)$$

где  $\text{ПДК}_{q\text{нас.}}$ ,  $\text{ПДК}_{q\text{р.з.}}$  – предельно допустимая концентрация  $q$ -го вещества в воздухе населенных мест и рабочей зоны соответственно.

Показатели  $\sigma$ ,  $f$ ,  $A$ ,  $q$  задаются в методике таблично для различных ситуаций, а  $Y$  определяется как скалярная величина [5].

**Экономическая оценка ущерба в результате возникновения ЧС.** Вторая причина нанесения экономического ущерба – это проявления чрезвычайных ситуаций, таких как стихийное природное бедствие и техногенная авария.

Экономический ущерб от ЧС может иметь место у целого ряда хозяйствующих субъектов, как являющихся потенциальными участниками ЧС, так и не имеющих к ней непосредственного отношения. Каждому из них может наноситься как прямой, так и косвенный экономический ущерб.

Понимая под прямым экономическим ущербом от ЧС выраженные в стоимостной форме затраты, потери и убытки, обусловленные именно этим событием в данное время и в данном конкретном месте, к прямому экономическому ущербу государству можно отнести: расходы на аварийно-спасательные работы; единовременные выплаты семьям погибших и пострадавшим; расходы на приобретение (производство) необходимого медицинского оборудования и медикаментов, на оплату труда спасателей и специалистов, на восстановление жилого фонда, на субсидии фирмам, на срочную

ликвидацию экологически опасных последствий и т. п.

К косвенному экономическому ущербу от ЧС могут быть отнесены вынужденные затраты, потери и убытки, связанные с вторичными эффектами природного, техногенного или социального характера. Косвенный ущерб, в отличие от прямого, может проявляться через длительный (от момента катастрофического события) отрезок времени. Косвенный ущерб не имеет четко выраженной территориальной принадлежности и носит по большей части так называемый каскадный эффект, т. е. вторичные действия порождают следующую серию действий и, соответственно, косвенных ущербов.

В общей величине экономического ущерба велика доля косвенного ущерба от ЧС. Его формирование в наибольшей степени обусловлено каскадными эффектами в окружающей среде и циклическими связями в экономике.

Косвенный ущерб может быть представлен формулой

$$U_k = \sum_{j=1}^n a_j^1 P_j^1 + \sum_{m=2}^M \sum_{j=2}^n P_j^{m-1} \sum_{i=1}^{n(j)} a_i^m a_{ji}^m, \quad (8)$$

где  $U_k$  – полный косвенный экономический ущерб от цепочки потерь продукции в народном хозяйстве в результате некоторого катастрофического события;  $a_j^1$  – упущенный доход в связи с потери единицы продукции  $j$  в первом цикле;  $P_j^1$  – количество продукции  $j$ , которая не выпущена на первом цикле в результате катастрофы;  $a_i^m$  – упущенный доход в связи с потери единицы продукции  $i$  в цикле  $m$ ;  $a_{ji}^m$  – количество выпуска единиц продукции  $i$  на единицу продукции  $j$  в цикле  $m$ .

Так как цепочка в народном хозяйстве  $m \rightarrow \infty$ , то необходимо решить вопрос о разумных пределах учета числа циклов. Некоторую аналогию могут дать результаты практических расчетов стоимостных удельных коэффициентов прямых, косвенных и полных затрат в народном хозяйстве. Такие расчеты осуществлялись при построении межотраслевого баланса. Если использовать отмеченную аналогию, то в терминах наших построений это соответствует пятому-шестому циклам [5].

**Оценка вероятности возникновения ущерба.** Для оценки экологического риска от ЧС кроме оценки ущерба мы должны определить оценки вероятности его возникновения. Существуют три основных метода оценки вероятностей проявления неблагоприятных событий согласно [6].

1. *Статистический метод* основан на анализе накопленных статистических данных по аналогичным событиям, имевшим место на

объектах схожего вида деятельности на территориях данного региона в прошлом.

1. При решении задач идентификации рисков аварий и катастроф на производстве применяется формула

$$f(x/w, \tau) = \frac{(w\tau)^x e^{-w\tau}}{x!}, \quad (9)$$

где  $x$  – число происшедших сбоев за период  $\tau$ ;  $w$  – число сбоев за единичный временной интервал, если количество отказов и сбоев в работе оборудования и других нарушений велико.

2. В определении частоты проявления событий  $j$ -го типа, вероятности его проявления  $\xi_j = n_j$  раз,  $n_j = 1, 2, \dots, n$  ( $q$  – вероятность возникновения события  $j$ -го типа) используется биномиальный закон распределения:

$$P(\xi_j = n_j) = \frac{n!}{n_j!(n-n_j)!} q_j^{n_j} (1-q_j)^{n-n_j}. \quad (10)$$

3. В исследованиях рисков редких независимых событий – производственных аварий, рисков природных чрезвычайных ситуаций типа тайфунов, смерчей и т. п., используется закон Пуассона:

$$P(n_j) = \frac{1}{n_j!} a_j^{n_j} e^{-a_j}, \quad (11)$$

где  $n_j$  – события  $j$ -го вида в рассматриваемый промежуток времени;  $a_j$  – среднее число таких событий.

4. Для очень редких (чрезвычайных) событий, которые случаются не каждый год, при определении вероятностей их происхождения обычно применяются законы Бейбулла, Парето, логарифмический нормальный и другие.

2. *Аналитический метод* основан на изучении причинно-следственных связей в террито-

риальной производственной системе, позволяет оценить вероятность неблагоприятного события как сложного события, образованного сочетанием последовательности элементарных событий с известными вероятностями их проявления.

Диаграммы являются широко применимым примером в аналитическом методе. Известны способы представления таких диаграмм в виде графов, деревьев событий, функциональных сетей, карт потоков.

3. *Экспертный метод* предполагает оценку вероятностей событий путем обработки результатов опросов экспертов.

В некоторых случаях рассмотренные группы методов оценки вероятностей событий применяются в комплексе, дополняя друг друга.

**Заключение.** В основе методических разработок экономической оценки экологических рисков лежит теория рисков, предполагающая выявление размера ущерба и вероятности его возникновения. В данном контексте существуют два основных подхода к экономической оценке ущерба: экономическая оценка ущерба в результате загрязнения окружающей природной среды и экономическая оценка ущерба в результате возникновения чрезвычайных ситуаций.

При построении оценки ущерба в аспекте экологических рисков предпочтение следует отдавать методу, основанному на реципиентной концепции, т. е. методу, используемому при экономической оценке ущерба в результате загрязнения ОПС с его последующей корректировкой применительно к чрезвычайным ситуациям. Что касается оценки вероятности возникновения ущерба, то здесь должна присутствовать доброкачественная статистическая информация: частота проявления ЧС, период времени, среднее число событий и т. п.

### Литература

1. Реймерс Н. Ф. Природопользование: словарь-справочник. М.: Мысль 1990. 637 с.
2. Неверов А. В., Варапаева В. И. Концепция обязательного экологического страхования в Республике Беларусь // Труды БГТУ. 2010. № 7: Экономика и управление. С. 93–97.
3. Похамова Н. В. Экологический менеджмент. СПб.: Питер, 2003. 544 с.
4. Деревяго И. П. Экономические основы управления экологическим риском. Минск: БГТУ, 2007. 170 с.
5. Гусев А. А. Современные экономические проблемы природопользования. М.: Международные отношения, 2004. 208 с.
6. Арский Ю. М. Эколого-экономические риски: методы определения и анализа // Экономика природопользования. 2001. № 6. С. 8–37.
7. Децук В. С. Оценка ущерба от загрязнения окружающей природной среды. Гомель: БГУТ, 2015. 49 с.

### References

1. Reymers N. F. *Pririodopol'zovanie: slovar'-spravochnik* [Nature management: dictionary-directory]. Moscow, Mysl' Publ., 1990. 637 p.

2. Neverov A. V., Varapayewa V. I. Concept of compulsory ecological insurance in Belarus. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2010, no. 7: Economics and Management, pp. 93–97 (In Russian).

3. Pokhamova N. V. *Ekologicheskiy menedzhment* [Ecological management]. St. Petersburg, Piter Publ. 2003. 544 p.

4. Derevyago I. P. *Ekonomicheskie osnovy upravleniya ekologicheskim riskom* [Economic fundamentals of ecological risk management]. Minsk, BSTU Publ., 2007. 170 p.

5. Gusev A. A. *Sovremennye ekonomicheskie problemy prirodopol'zovaniya* [Modern economic problems of environmental management]. Moscow, Mezhdunarodnye otnosheniya Publ., 2004. 208 p.

6. Arskiy Yu. M. Ecological and Economical risks: Methods of risk identification and analysis. *Ekonomika prirodopol'zovaniya* [Economics of environmental management], 2001, no. 6, pp. 8–37 (In Russian).

7. Detsuk V. S. *Otsenka ushcherba ot zagryazneniya okruzhayushchey prirodnoy sredy* [Assessment of damage from environmental pollution]. Gomel, BSUT Publ., 2015. 49 p.

#### **Информация об авторах**

**Хайытжанова Энежан Магтымгульевна** – аспирант кафедры менеджмента, технологий бизнеса и устойчивого развития. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: enni\_tm1991@hotmail.com

#### **Information about the authors**

**Hayytjanova Enejan Magtymgulyyevna** – PhD student, the Department of Management, Business Technologies and Sustainable Development. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: enni\_tm1991@hotmail.com

*Поступила 01.11.2016*