

И.С.Белик, канд.экон.наук, доц.  
Н.Л.Никулина, ст.препод.  
ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, Екатеринбург

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ<sup>1</sup> ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

В статье рассматриваются методические подходы к оценке уровня экологической безопасности региона и муниципального образования, обосновываются пороговые значения состояния безопасности, приводятся результаты расчетов для Свердловской области

Особенностью России на современном этапе ее развития в отличие от развитых индустриальных стран является нарастание угрозы экологического кризиса, по этой причине особую актуальность приобретают вопросы диагностики и практического решения проблемы экологической безопасности.

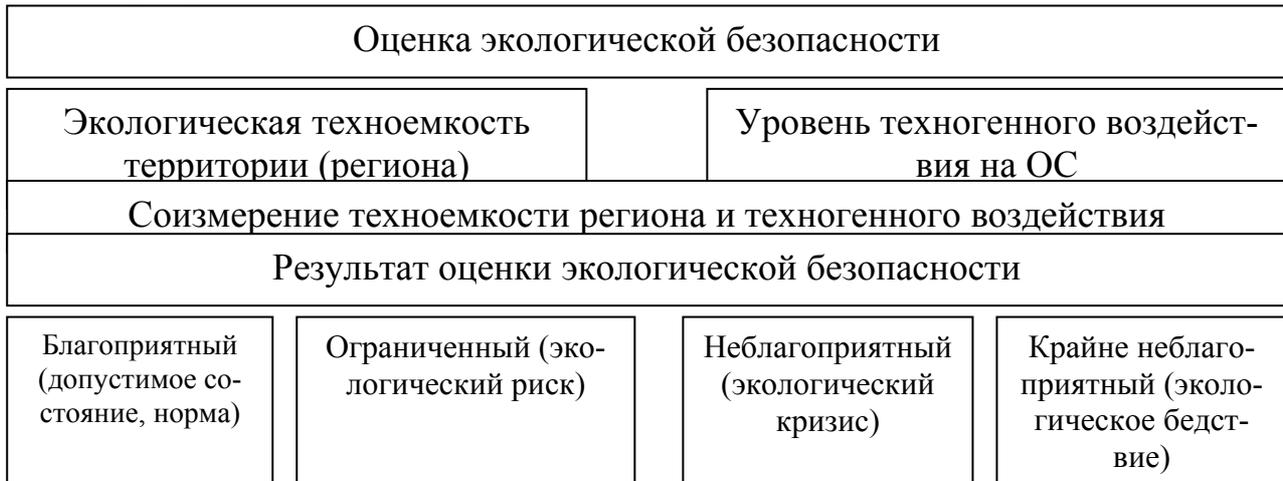
Данные официальной статистики, публикуемые в ежегодном Государственном докладе о состоянии окружающей среды в Свердловской области, свидетельствуют о том, что тенденция роста антропогенной нагрузки продолжает оставаться основной угрозой для природной и хозяйственной среды региона. И в наиболее явном виде это проявляется в нарушении почвенного покрова горными выработками, в увеличении доли естественных экосистем с выраженной неспособностью к самовосстановлению, в истощении природных ресурсов, в ухудшении условий проживания населения и др. [1].

Косвенным образом факт увеличения уровня загрязнения окружающей среды (ОС) подтверждается и социологическими исследованиями, которые фиксируют наблюдаемый рост затрат населения области на лечение и профилактику заболеваемости, обусловленную экологическим фактором. По мнению социологов, повышение затрат на профилактику и лечение будет усугубляться в результате усиления не только техногенной нагрузки на ОС, но и отсутствия компенсационных механизмов. Таким образом, напряженная экологическая ситуация и угрозы, связанные с ее осложнением, все в большей степени будут приводить к нежелательным последствиям в социальной и хозяйственной жизни общества.

Современным инструментом вскрытия причин и следствий возникновения экологических проблем, динамики изменения ситуации и соответствия выявленных тенденций принципам устойчивого развития является анализ и диагностика экологической и социально-экономической безопасности, позволяющие раскрыть последствия и причинно-следственные связи и оценить уровень экологической безопасности региона. Результатом их проведения является формирование перечня основных программно-целевых мероприятий по нейтрализации выявленных угроз и их последствий, определение направления перспективного развития социально-экономического и экологического развития территорий [1].

<sup>1</sup> Статья подготовлена в рамках гранта РФФИ-Урал № 04-06-96045

Важнейшим этапом анализа является оценка уровня экологической безопасности региона, логическая последовательность действий которой представлена на рисунке.



Блок-схема экологической оценки территории

Оценка экологической безопасности территории осуществляется в соответствии с принятым иерархическим уровнем первоначально для региона, по каждой выделенной природной среде загрязнения с последующим представлением его в сводном виде, затем для муниципальных образований в средовом разрезе и сводном виде.

На *региональном уровне* оценка экологической безопасности строится на сопоставлении техноёмкости территории и антропогенного загрязнения, наносимой окружающей среде промышленными объектами, расчете коэффициента опасности и ранжировании состояния безопасности.

Исходный принцип, на котором основываются подходы к формированию методики определения экологической техноёмкости региона, сводится к определению основных функций состояния экосистемы и изменчивости экологически значимых параметров. В соответствии с ним и основными положениями методики, разработанной Т.А. Моисеенковой и В.В. Хаскиным [2], расчет экологической техноёмкости территории (региона) осуществляется на эмпирически подтвержденном допущении, согласно которому экологическая техноёмкость составляет долю общей экологической ёмкости территории (региона), определяемую коэффициентом вариации отклонений характеристического состава среды от естественного уровня его колебаний. Превышение этого уровня изменчивости приписывается техногенным воздействиям, достигшим предела устойчивости природного комплекса территории.

В рамках исследования авторы статьи принимая данный подход в качестве базового, заложили в обновленную для регионального уровня методику изменения по следующим принципиальным позициям, связанным с оценкой экологической ёмкости территории и экологической техноёмкости территории.

Для уровня муниципальных образований (МО) была разработана (на базе усовершенствованной региональной методики) новая методика определения экологической ёмкости и техноёмкости МО.

В отмеченной методике [2] для расчета экологической емкости на уровне территории для такой среды, как атмосферный воздух, использовался параметр приведенной высоты слоя воздуха, подвергающегося техногенному загрязнению. Авторы методики не обосновали значения данного параметра. Чтобы избежать неточности в расчетах экологической емкости воздуха при наличии неопределенности в определении параметра, нами был рассмотрен другой вариант решения проблемы.

Было предложено расчет экологической емкости такой среды, как атмосфера (воздух), выполнять с привлечением не только динамической модели, но и балансовой модели воспроизводства-потребления атмосферного кислорода. В качестве исходной для разработки методики была принята модель баланса воспроизводства - потребления атмосферного кислорода Е.В. Хлобыстова [4].

В результате применения отмеченных подходов методика оценки экологической безопасности территории (региона) и ее муниципальных образований в основных моментах стала сводиться к следующим положениям.

*На уровне территории (региона):*

1. В необходимости определения основных загрязняемых природных сред. В соответствии с данной установкой выделяются три загрязняемые среды обитания – воздух, вода и поверхность земли (включая биоту экосистем и совокупность реципиентов), с присвоением порядковых номеров 1, 2, 3, соответственно.

2. К выполнению расчетов экологической емкости каждой выбранной среды обитания.

2.1. Для первой среды – воздуха, экологическая емкость по предложению авторов определяется, исходя из объема воспроизводства кислорода, и рассчитывается по формуле

$$E_1 = \Pi_{\text{в}} \cdot F_1, \quad (1)$$

где  $F_1$  – скорость кратного обновления массы кислорода, год<sup>-1</sup>;

$\Pi_{\text{в}}$  – объем воспроизводства кислорода, т/год:

$$\Pi_{\text{в}} = \sum_{i=1}^n S_i^{\text{бгц}} \cdot Y_i, \quad (2)$$

где  $S_i^{\text{бгц}}$  - площадь  $i$ -го биогеоценоза на территории, км<sup>2</sup>;

$Y_i$  – ежегодное производство кислорода  $i$ -м растительным сообществом, т/км<sup>2</sup>.

Общий объем воспроизводства кислорода рассчитывается как сумма воспроизводства в разрезе биогеоценозов.

2.2. Для расчета экологической емкости водной среды и земной поверхности (главный компонент – биота) используется формула, предложенная Т.А. Моисеенковой и В.В. Хаскиным [2]:

$$E_i = V_i \cdot C_i \cdot F_i, \quad (3)$$

где  $V_i$  – объем поверхностных водотоков или площадь земной поверхности, измеряемые соответственно в км<sup>3</sup> или км<sup>2</sup>;

$C_i$  – содержание главных экологически значимых субстанций в конкретной среде, измеряемое в т/км<sup>2</sup> или т/км<sup>3</sup>;

$F_i$  – скорость кратного обновления объема воды или биомассы, год<sup>-1</sup>;

3. К определению уровня экологической техноемкости каждой рассматриваемой природной среды.

Оценка экологической техноемкости территории, выраженная в единицах массовой техногенной нагрузки, рассчитывается по выражению

$$T_{\text{э}} = \sum_{i=1}^3 E_i \cdot X_i, \quad (4)$$

где  $T_{\text{э}}$  – экологическая техноемкость территории, усл. т/год;

$E_i$  – экологическая емкость  $i$ -ой среды, т/год;

$X_i$  – коэффициент вариации для естественных колебаний содержания основной субстанции в среде, ед.

4. К оценке техногенного воздействия на территорию (регион)

Техногенное воздействие ( $U$ ) на территорию включает годовые показатели выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников и автотранспорта, сбросов загрязняющих веществ в водные объекты и на рельеф местности, размещения отходов производства и потребления (почва). Оценка техногенного воздействия осуществляется по каждой выделенной среде.

5. К расчету уровня экологической безопасности территории.

Соизмерение техногенной нагрузки на территорию ( $U$ ) и ее экологической техноемкости ( $T$ ) дает значение уровня экологической безопасности территории, которое предложено оценивать коэффициентом опасности ( $K_{\text{оп}}$ ). Расчет коэффициента опасности определяется по каждой выделенной  $i$ -й среде загрязнения путем сопоставления техногенной емкости (потенциала) и техногенной нагрузки территории по формуле:

$$K_{\text{оп } i} = \frac{U_i}{T_i}. \quad (5)$$

В случае сводной оценки уровня безопасности территории вычисляется интегральный коэффициент экологической опасности, который рассчитывается как сумма средовых коэффициентов опасности взвешенных на показатель значимости загрязнения каждой из рассматриваемых сред.

5. К ранжированию территорий по уровню экологической опасности по каждой среде и/или в масштабах сводной оценки.

Большинством специалистов в области экологической безопасности предлагается весь спектр возможных состояний территории по степени экологической безопасности разделить на четыре зоны [4]: зона экологической нормы, риска, кризиса, бедствия.

При этом предусматривается введение соответствующих характеристик уровня экологической безопасности:

1) нормальная (присваивается символ - Н);

2) экологический риск (присваивается символ - ЭР);

3) экологический кризис (присваивается символ - ЭК);

4) экологическое бедствие (символ - ЭБ).

Пороговые значения для разграничения основных состояний определяются экспертным путем, в том числе с помощью имеющихся авторских разработок и данных теоретических исследований, публикуемых в специальной справочной и научно-технической литературе. В настоящей работе при определении пороговых значений полученного расчетным путем параметра (коэффициента опасности) авторы исходили из следующих посылок:

1) экологическая техноёмкость составляет долю общей экологической ёмкости территории, определяемую коэффициентом вариации отклонений характеристического состава среды от естественного уровня, и рост этого уровня изменчивости приписывается техногенным воздействиям, достигшим предела устойчивости природного комплекса территории, поэтому кратность превышения техногенного воздействия над техноёмкостью должна составлять не более 1 (для условий устойчивых систем);

2) научными исследованиями, проводимыми в 80-х годах, было доказано, что более 50 % всех воспроизводимых основных компонентов (по воздуху - это кислород) растительные сообщества употребляют на обеспечение собственных биологических нужд, т.е. с теоретической точки зрения, эта та часть основной субстанции, которая не должна подлежать изъятию. Следовательно, с позиций сохранения равновесия системы и возможностей ее нормального воспроизводства, условие по кратности превышения должно быть скорректировано на коэффициент 0,5, что и было заложено в основу группировки при оценке уровня экологической безопасности.

В таблице приводятся пороговые значения для определения уровня экологической безопасности территории.

#### Оценка уровня экологической безопасности территории

Состояние	Н	ЭР	ЭК	ЭБ
Пороговые значения К	< 0,5	0,5 – 1	1 – 5	> 5

*На уровне муниципальных образований:*

Для муниципальных образований (МО) методика, используемая для оценки экологической безопасности территории, может служить лишь в качестве базовой. Основные положения методики для МО сводятся к следующим основным моментам.

1. Экологическая ёмкость ( $E_i$ ) муниципального образования определяется в соответствии с изложенными выше подходами.

2. Экологическая техноёмкость муниципального образования оценивается по каждой загрязняемой среде и в целом по МО.

Экологическая техноёмкость рассчитывается по выражению, предложенному Т.А. Моисеенковой и В.В. Хаскиным [2], в приведенных по основным загрязняющим веществам величинах.

3. Оценка уровня техногенной нагрузки (U) выполняется с позиций приоритетности проблем воздействия на окружающую среду муниципальных образований отдельно по каждой среде загрязнения и в целом для МО.

3.1. Природная среда – воздух. Техногенное воздействие определяется

по фактическому потреблению кислорода, используемому на нейтрализацию выбросов от стационарных и передвижных источников загрязнения, на сжигание топливных ресурсов и на производственные нужды.

Исходными данными для ее расчета служит форма отчетности 2-ТП (воздух). По ней определяются объемы исходящих загрязнителей, связывающих атмосферный кислород – оксиды углерода, азота, сернистый ангидрид. Наиболее распространенными являются оксид азота  $\text{NO}_2$  и углерода (СО). Перевод в конкретные объемы потребляемого кислорода осуществляется по формулам, зависящим от молярных масс загрязняющих веществ. Так, для окиси углерода такой перевод осуществляется в соотношении 0,571, для окислов азота (по  $\text{NO}_2$ ) – 0,696, для сернистого ангидрида – 0,5.

Аналогичные предположения и расчеты производятся для передвижных источников загрязнения. Объемы потребляемого кислорода по отдельным веществам суммируются, так же как и объемы потребляемого кислорода по передвижным и стационарным источникам загрязнения. Годовой объем потребления кислорода на производственно-хозяйственные цели рассчитывается по формуле:

$$U_{\text{потреб}} = \sum_{i=1}^n U_i, \quad (6)$$

где  $U_{\text{потреб}}$  – годовое количество потребления кислорода на промышленно-хозяйственные цели по основным отраслям, т;

$U_i$  – годовое количество потребления кислорода предприятиями и организациями  $i$ -ой отрасли промышленности, т;

$n$  – количество отраслей народно-хозяйственного комплекса, по которым осуществляется контроль за потреблением кислорода.

3.2. Для природных сред – вода и почва – техногенное воздействие определяется массой приведенных сбросов загрязняющих веществ в водные объекты и приведенной величиной размещения отходов.

#### 4. Оценка уровня экологической безопасности МО

Общая оценка экологической безопасности для муниципального образования выполняется аналогично, как и для региона, т.е. по кратности превышения техногенной нагрузки (фактическое потребление кислорода) экологической техноемкости с определением коэффициента опасности ( $K_{\text{опас}}$ ).

5. Ранжирование муниципального образования по состоянию экологической безопасности (ЭБ).

Пороговые значения для разграничения основных состояний ЭБ определяются по схеме, принятой для оценки регионов.

Выполненные практические расчеты по определению уровня экологической безопасности по Свердловской области показали, что она находится в зоне экологического кризиса. В последовательности, определенной методикой, были рассчитаны показатели экологической техноемкости, уровня антропогенного загрязнения по каждой выделенной среде, сводного коэффициента опасности.

Экологическая техноёмкость Свердловской области по трем контролируемым средам - атмосфере, водным ресурсам и почве составила, соответственно:

$$T_{\text{Э1}} = 45950589,18 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 137851,77 \text{ т/год};$$

$$T_{\text{Э2}} = 30,07 \cdot 10^9 \cdot 10,7 \cdot 4,2 \cdot 10^{-5} = 13513458 \text{ т/год};$$

$$T_{\text{Э3}} = 194300 \cdot 8585,2 \cdot 0,0889 \cdot 0,0382 = 5664849,04 \text{ т/год}.$$

Техногенное воздействие по каждой выделенной среде ( $U$ ):

$$U_1 = 1792550 \text{ т}; U_2 = 160635,4 \text{ т}; U_3 = 2177500 \text{ т}.$$

Показатель коэффициента опасности (отношение техногенной нагрузки и экологической техноёмкости):

$$K_{\text{оп1}} = \frac{1792550}{137851,77} = 13;$$

$$K_{\text{оп2}} = \frac{160635,4}{13513458} = 0,012;$$

$$K_{\text{оп3}} = \frac{2177500}{5664849,04} = 0,38.$$

Для сводной оценки уровня безопасности территории определяется интегральный коэффициент экологической опасности:

$$K_{\text{оп}} = 13 \cdot 0,31 + 0,012 \cdot 0,33 + 0,38 \cdot 0,36 = 4,17.$$

Полученные расчетные значения свидетельствуют о том, что экологическая обстановка в области очень напряженная. Техногенная нагрузка в четыре с лишним раза превышает экологическую техноёмкость территории и необходимо усиление контроля со стороны городских и областных органов, осуществляющих надзор за исполнением принимаемых постановлений и решений в области охраны природы и природопользования.

### Библиографический список

1. Анализ и моделирование эколого-экономического состояния региона: Свердловская область / А.Д. Выварец, И.С. Белик, Н.Н. Охремчук, Н.В. Степанова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. 109 с.
2. Методика расчета экологической техноёмкости территории (к проекту 2.5.6) / Т.А. Моисеенкова, В.В. Хаскин. М.: Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова, 1992. 48 с.
3. Тихомиров Н.П. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками: учеб. пособие для вузов / Н.П. Тихомиров, И.М. Потравный, Т.М. Тихомирова; под ред. проф. Н.П. Тихомирова. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 350 с.
4. Хлобыстов Е.В. Оценка и моделирование экологической безопасности промышленного производства: региональный аспект / Е.В. Хлобыстов. Материалы сайта /<http://www.icfcst.kiev.ua/form/khlobystov.htm/>