

**Тынянко Н.Н.**,  
к.э.н., доцент  
Ставропольского государственного  
аграрного университета  
**Долгополова А.Ф.**,  
к.э.н., доцент  
Ставропольского государственного  
аграрного университета  
**Тимашкова Т.Е.**,  
ст. преподаватель,  
ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
(Обнинский институт атомной энергетики  
– филиал Национального исследовательского  
ядерного университета «МИФИ»)

### **Экономико-математическое обеспечение интернализации внешних эффектов, обусловленных загрязнением окружающей среды**

*Удовлетворение потребностей человека достаточно часто идет в разрез с понятием «чистота окружающей среды». Практическое применение подходов к решению этого вопроса затруднено по многим причинам. Особое место занимает процесс регулирования внешних эффектов от загрязнения окружающей среды. В этой связи представленная работа демонстрирует подход к удовлетворению реципиента и загрязнителя: разработана экономико-математическая модель, обосновывающая величину компенсации, которая бы минимизировала совокупные издержки загрязнителя.*

**Ключевые слова:** *внешние эффекты (экстерналии), регулирование экстерналий, компенсационное согласование интересов реципиента экологического ущерба и загрязнителя окружающей среды, экопроблемная зона, оптимизационная задача по минимизации компенсационных платежей загрязнителя.*

Внешние эффекты, или экстерналии, анализируются многими учеными, в том числе и экономистами, довольно давно. Стоит отметить, что отрицательные экстерналии провоцируют дисбаланс рыночного равновесия, приводя к фиаско рынка. Именно по этой причине столь пристальное внимание приковано к проблеме регулирования отрицательных внешних эффектов, к числу которых относится и экологический ущерб, возникающий при антропогенном загрязнении окружающей среды. Оценка последнего, к слову, происходит разнообразными способами, однако, при проведении их детального анализа, выясняется, что многие вопросы требуют проработки. Например, большинство методов оценки экологического ущерба базируются на отстранении от процесса принятия решения об определении величины ущерба его непосредственного реципиента – человека. Да и причинитель ущерба – загрязнитель окружающей среды - тоже не участвует в этом. В целом, на прак-

тике, чрезвычайно сложно увязать необходимость в удовлетворении потребностей человека и желание сохранить при этом чистую окружающую среду.

Актуальность данного исследования обусловлена нахождением компромисса между обеспечением достаточного уровня производства потребительских благ, с одной стороны, и достижением приемлемого уровня экологического качества жизни – с другой.

Цель работы – изложить механизм учета интересов реципиента экологического ущерба – человека и загрязнителя окружающей среды и математически обосновать этот учет с помощью соответствующей задачи оптимизации.

Основной акцент указанного выше компромисса, как решения вопроса регулирования отрицательных экстерналий, следует сделать на наделении правом выбора между потребительскими благами и социальным благом «чистота окружающей среды» каждого реципиента возникающего экологического ущерба, при этом оставляя основополагающей роль законодательства в области охраны окружающей среды.

Подобное сочетание метода государственного регулирования (посредством законодательной сферы) и согласования интересов конечных потребителей и лиц, страдающих от загрязнения окружающей среды, вызванного процессом производства и потребления благ, положено в основу модели «компенсационного согласования интересов». Предложенная модель предусматривает ряд четко регламентированных денежных платежей, призванных урегулировать и учесть интересы всех участников технологического процесса «природная ресурсная база – конечный потребитель». Важной и наименее проработанной современной наукой частью данных платежей являются компенсационные платежи населению, предусмотренные в качестве рыночного способа разрешения противоречий между производителем блага и с населением, которому наносится ущерб от деятельности производителя. В этой связи данный вид платежей послужил базой для разработки механизма, учитывающего интересы людей, страдающих от загрязнения окружающей среды и являющихся реципиентами возникающего экологического ущерба, а также интересов самих загрязнителей. Оценка ущерба носит субъективный характер, то есть имеет место участие реципиента в процессе определения и возмещения наносимого ему экологического ущерба. С этой целью проводятся статистические обследования на предмет выяснения величины компенсации, либо в денежном эквиваленте, либо принимающей натуральную форму.

Стоит выделить основные элементы, имеющие концептуальное значение для унификации и практического применения указанного механизма: загрязнитель, загрязнение, реципиент загрязнения - население, зона загрязнения.

В случае если бремя компенсационных выплат для загрязнителей станет непомерным, то регион (и опосредованно - государство) рискует лишиться в их лице исправных налогоплательщиков, производителей потребительских благ, дополнительной рабочей силы и прочих моментов, положительно

влияющих на экономический потенциал региона. В связи с этим в экономико-математической модели реализации механизма компенсационных выплат необходимо отразить величину налогов, которую уплачивают загрязнители за результаты своей деятельности (производство товаров, оказание услуг, выполнение работ), например, НДС и налог на прибыль.

Что касается категории «загрязнение» и «зонирование территории» - они совмещены, через выделение жилых зон с превышением экологических нормативов по тому или иному типу загрязнения – проблемных зон. В качестве критериев разделения зоны на отдельные участки – с разными степенями загрязнения - можно выбрать уровень шума, вибрации, радиационного фона, электромагнитного излучения, концентрации веществ в средах (атмосфере, литосфере и гидросфере) и т.д. Логично, что практическая реализация механизма компенсационных выплат, учитывающего интересы реципиента экологического ущерба и загрязнителя, имеет место только при совокупном превышении норм загрязнения загрязнителями в конкретной жилой зоне, даже если вклад каждого загрязнителя будет находиться в пределах нормы.

В зависимости от конкретной ситуации возникновения экологического ущерба, нарушающего право человека на чистоту окружающей среды, важность той или иной характеристики может изменяться, однако при всех прочих равных условиях экологическая грамотность населения, их уровень дохода и степень близости к источнику загрязнения имеют наибольшее значение в вопросе оценки нанесенного им ущерба.

На основании проведенного анализа цепочки: «загрязнитель – загрязнение – население - зона загрязнения» выделим основные факторы, необходимые для учета, при решении оптимизационной задачи, учитывающей интересы реципиента экологического ущерба и загрязнителя окружающей среды.

Таблица 1

Факторы, необходимые для учета, при решении оптимизационной задачи, учитывающей интересы реципиента экологического ущерба и загрязнителя окружающей среды

№ фактора	Название
1.	Необходимость распределения заявленного объема компенсации между несколькими загрязнителями (в зависимости от вклада в совокупный объем загрязнения жилой зоны по конкретному виду загрязнения).
2.	Необходимость учета вклада загрязнителей в экономическое развитие региона.
3.	Необходимость учета зонирования загрязнения в городе – не все субъекты причастны к загрязнению именно в зоне загрязнения – жилой зоне с превышением экологических норм, в которой нарушаются интересы социума.

С учетом данных факторов: вклада загрязнителей в экономическое развитие региона; их доли в совокупном объеме загрязнения экопроблемной зоны; полученного зонирования административно-территориальной единицы и т.д. – предлагается экономико-математическая модель оптимизации затрат загрязнителя на решение социально-экономических конфликтов с реципиентами экологического ущерба через максимизацию разности между налоговыми платежами и суммой денежной и натуральной компенсации, выплачиваемых первым. Иными словами, решается задача оптимизации, направленная на нахождение величины компенсации, минимизирующей совокупные издержки загрязнителя окружающей среды.

Следует отметить, что на качество окружающей среды воздействуют как антропогенные факторы, так и природные:

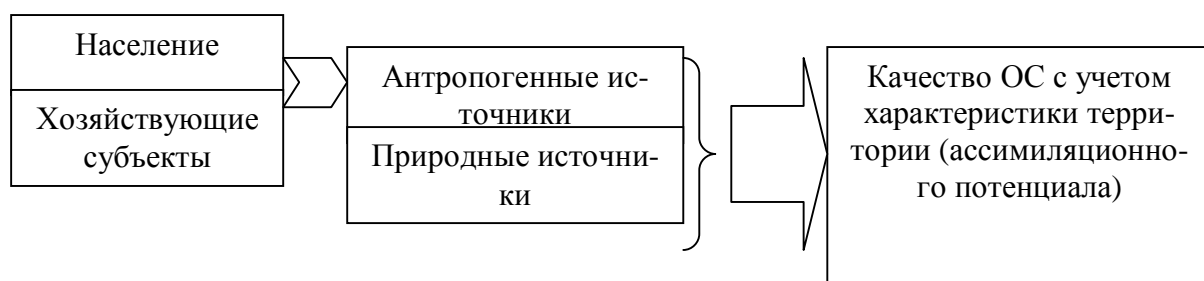


Рис.1. Воздействие разных источников на качество окружающей среды

Математически данную схему можно выразить следующим образом:

$$W_j^i + W_j^p + W_j^{Nat} = 1, j \in \{1; H\}, p \in \{1; P\}, \quad (1)$$

где:

$W_j^{Nat}$  - весовой коэффициент, учитывающий вклад природных источников по j-ому виду загрязнения в совокупное загрязнение j-ого вида проблемной зоны;

$W_j^p$  - весовой коэффициент, учитывающий вклад p-ого жителя по j-ому виду загрязнения в совокупное загрязнение j-ого вида проблемной зоны;

$W_j^i$  - весовой коэффициент, учитывающий вклад i-ого загрязнителя по j-ому виду загрязнения в совокупное загрязнение j-ого вида проблемной зоны.

Весовые коэффициенты и соответствующие вклады тех или иных источников определяются расчетно-аналитическим путем, с помощью соответствующих замеров экспертами – специалистами.

Однако механизм компенсационных платежей, учитывающий интересы реципиента экологического ущерба – населения и загрязнителя окружающей среды, направлен на восстановление нарушенного права человека на чистоту окружающей среды, вызванного хозяйственной деятельностью загрязнителя и стимулирование последнего на рационализацию своей деятель-

ностью с учетом экологического аспекта. Соответственно, при расчете компенсации населению за нарушение его права следует руководствоваться только вкладом загрязнителей в общее загрязнение (снижение качества) территории (жилой зоны), иными словами:

$$\sum_{i=1}^N W_{ij} = 1, j \in \{1; H\} \quad (2)$$

Например, если взять проблему автотранспортного загрязнения атмосферы, то при определении загрязнителей необходимо вычлениить из общего списка «загрязнителей-автомобилистов», проживающих в учетной проблемной зоне, поскольку, согласно формуле (2) их доля в загрязнении выражается через  $W_j^p$ , а при решении оптимизационной задачи мы руководствуемся только  $W_j^i$ . Поскольку данной категории загрязнителей не вменяется компенсация, то справедливо не включать их в список реципиентов ущерба от загрязнения атмосферы: таким образом, мы исключим принцип «платить самим себе».

Оптимизационная задача имеет смысл, если выполняется условие:

$$\exists j \in \{1; H\}, P_j^z > Norm_j^z, \text{ где}$$

$P_j^z$  – значение показателей загрязнения окружающей среды (ОС) j-ого вида в z-ой жилой зоне,

$Norm_j^z$  – нормативное значение показателей загрязнения ОС j-ого вида в z-ой жилой зоне.

Следует отметить, что превышение показателя хотя бы по одному виду загрязнения сверх нормативного уже является нарушением права на чистоту окружающей среды, принадлежащего социуму, проживающему в z-ой жилой зоне.

Таким образом, оптимизационная задача, направленная на учет интересов реципиента экологического ущерба - населения и загрязнителя окружающей среды – хозяйствующего или иного субъекта имеет вид:

$$Q^Z(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{i=1}^N T_i(\mathbf{y}) - a \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^H \sum_{z=1}^Z K_{ij}^z(\mathbf{x}) \cdot W_{ij} \rightarrow \max_{(\mathbf{x}, \mathbf{y})},$$

$$\left\{ \begin{array}{l} K_{ij}^z(\mathbf{x}) = K_{ijz}^{mat}(\mathbf{x}) + K_{ijz}^{mon}(\mathbf{x}), i \in \{1; N\}, j \in \{1; H\}, z \in \{1; Z\} \\ \sum_{i=1}^N T_i(\mathbf{y}) \leq B, \\ \sum_{i=1}^N W_{ij} = 1, j \in \{1; H\} \\ \sum_{l=1}^L C_{ik}^l \cdot y_{ik} \leq R_{ik}, i \in \{1; N\}, k \in \{1; K\}, \end{array} \right.$$

где:

$K_{ij}^z(\mathbf{x})$  – компенсация ущерба социуму, выплачиваемая  $i$ -ым загрязнителем за загрязнение  $j$ -ого вида окружающей среды  $z$ -ого участка проблемной зоны  $Z$  (жилая зона с превышением норм загрязнения) административно – территориальной единицы;

$K_{ijz}^{mat}(\mathbf{x})$  - материальная (натуральная) компенсация, приведенная к денежному эквиваленту, выплачиваемая  $i$ -ым загрязнителем за загрязнение  $j$ -ого вида  $z$ -ого участка проблемной зоны административно – территориальной единицы;

$K_{ijz}^{mon}(\mathbf{x})$  - денежная компенсация, выплачиваемая  $i$ -ым загрязнителем за загрязнение  $j$ -ого вида  $z$ -ого участка проблемной зоны административно – территориальной единицы;

$\mathbf{x}$  – вектор количественных характеристик социума;

$\mathbf{y}$  – вектор количественных характеристик результатов деятельности загрязнителей;

$T_i(\mathbf{y})$  - бюджетные поступления от  $i$ -ого загрязнителя;

$B$  - утвержденная доходная часть бюджета административно-территориальной единицы (муниципалитет);

$W_{ij}$  - весовой коэффициент, учитывающий вклад  $i$ -ого загрязнителя по  $j$ -ому виду загрязнения в совокупное загрязнение  $j$ -ого вида проблемной зоны  $Z$ ;

$N$  - общее количество загрязнителей, ведущих свою деятельность в административно – территориальной единице;

$a$  - нормирующий коэффициент, соотносящий величины налоговых и компенсационных платежей;

$y_{ik}$  - результат деятельности  $k$ -ого вида, получаемый  $i$ -ым загрязнителем;

$C_{ik}^l$  - технологический коэффициент  $l$ -ого ресурса для  $k$ -ого результата деятельности  $i$ -го загрязнителя;

$R_{ik}$  - ресурсы  $i$ -го загрязнителя для  $k$ -ого вида его результатов деятельности;

$K$  – общее количество результатов деятельности  $N$ -загрязнителей;

$L$  – общее количество ресурсов, необходимых для получения  $K$ -результатов деятельности  $N$ -загрязнителей;

$Z$  – общее количество участков загрязнения в пределах проблемной зоны административно – территориальной единицы;

$N$  – общее количество видов загрязнения.

#### Определение показателей:

1.  $K_{ij}^z(\vec{x})$  - Определяется по кривым предложения прав на чистоту окружающей среды. Кривые строятся исходя из данных, полученных в ходе статистических обследований, проводимых на  $z$ -ом участке проблемной жилой зоны административно – территориальной единицы, на предмет оценки эколого-экономического ущерба респондентами, страдающими от загрязнения проблемной зоны в разрезе ее участков с разными степенями загрязненности, через величину компенсационных выплат. Компенсации могут носить денежный характер или выражаться в натуральных показателях – конкретных мероприятиях для нивелирования ущерба.

2.  $X$  - Отражает показатели жизнедеятельности человека – пол, возраст, доход, время проживания на данной территории, этаж дома и т.д. Определяется исходя из конкретной ситуации нарушения права социума на чистоту окружающей среды в ходе статистического обследования (путем включения соответствующих пунктов в опросные листы - анкеты).

3.  $y$  - Отражает объем произведенной продукции, оказанных услуг, выполненных работ (возмездного и безвозмездного характера) в стоимостном выражении. Определяется на основе отчетной документации загрязнителя – баланс предприятия, отчет о прибылях и убытках, товарные накладные, счета-фактуры и т.д.

4.  $T_i(\vec{y})$  - Складываются из налоговых и неналоговых поступлений. Определяются на основе поданных в налоговую инспекцию деклараций исчисленных загрязнителем налогов, касающихся результатов его деятельности (НДФЛ, НДС и налог на прибыль, либо отчисления, согласно специальным налоговым режимам), а также с помощью другой отчетной документации, отражающей неналоговые поступления (например, плата за аренду муниципальной собственности). Стоит отметить федеральное значение указанных выше налогов, которые потом в виде дотаций, субсидий, субвенций и прочих трансфертов перераспределяются в местные бюджеты и субъектов РФ.

5.  $B$  - Устанавливается администрацией административно – территориальной единицы.

6.  $W_{ij}$  - Определяется расчетным, аналитическим и экспертным путем: исходя из соответствующих процедур, замеров и анализов, проводимых уполномоченными органами, и экспертных оценок.

7.  $a$  - Соотносит (приводит к одной базе) взимаемые с загрязнителя налоги и выплачиваемые им компенсации населению за загрязнение окружающей среды. Определяется расчетным и экспертным путем.

8.  $C_{ik}^l$  - Отражает расход необходимого материального, трудового, информационного ресурса на единицу  $k$ -ого результата деятельности - производство продукции, оказание услуг, выполнение работ. Обусловлен спецификой конкретного производственного процесса, определяется расчетным путем.

9.  $E_{ij}^z(\vec{y})$  - Определяется на основе проводимых замеров уровня того или иного вида загрязнения для каждого загрязнителя на определенном участке проблемной зоны.

10.  $Z$  - Устанавливается исходя из совокупности критериев зонирования жилой зоны территории.

В модели учитываются как характеристики первой, так и второй стороны конфликта, обусловленного загрязнением окружающей среды и возникающих при этом внешних отрицательных эффектов. Также предложенная задача оптимизации позволяет удовлетворить интересы реципиента ущерба через выплату соответствующей компенсации, величина которой, в свою очередь, направлена на минимизацию совокупных издержек загрязнителя. Соответственно, задача оптимизации действительно отражает учет интересов реципиента ущерба, возникающего при загрязнении окружающей среды, и самого загрязнителя. Таким образом, найден и обоснован новый механизм регулирования внешних эффектов, обусловленных загрязнением окружающей среды.

### Список литературы

1. Голуб А.А. Экономический механизм управления природопользованием. - М.: Наука - 2003. - С. 102-110.
2. Гусев А.А. Методы оценки экономического ущерба от загрязнения окружающей природной среды // Экономика природопользования. - М.: ВИНТИ – 2001 - №5, С. 92-100.
3. Медведева О.Е. Современные методы стоимостной оценки вреда окружающей среде (экологического ущерба) Доклад на Совещании Росприроднадзора РФ «Проблемы и практика расчета ущерба окружающей среде при обнаружении нарушений природоохранного законодательства», Москва, 20 февраля 2007 г.



4. Рюмина Е.В. Ущерб от экологических нарушений. М.: Институт проблем рынка РАН, 2007.- С. 161-172.
5. Тябин В.Н. Экономико-математические модели и методы оптимизации рыночных отношений. – Обнинск: ИАТЭ - 1995.-158с.
6. Тябин В.Н., Тимашкова Т.Е. Инновационное предпринимательство. Монография / Под об. ред. В.К. Крутикова. – М.: «Ноосфера», 2008. – 352 с.
7. Sally Jones The role of economics in environmental policy // The Science of The Total Environment, Volume 108, Issues 1-2 -2001.- P. 61-69.