

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ГЛОБАЛИЗАЦИИ**

**И.А. АЛЕКСАНДРОВ**, д.э.н., профессор,  
*Донецкий национальный технический университет,*  
**Э.А. КОСТЫРЯ**,  
*Донецкий национальный университет*

**ОЦЕНКА УЩЕРБА ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ АТМОСФЕРЫ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ*****Введение***

Создание рационального механизма экономических взаимоотношений хозяйствующих субъектов с региональными и центральными государственными органами в области охраны окружающей среды сопровождается гибкой адаптацией интересов, которые, как правило, противоречивы. Несмотря на то, что каждый руководитель производственно-экономической системы признает основные принципы устойчивого развития, по разным причинам не готов оплачивать природные ресурсы, возмещать ущерб, нанесенный окружающей среде производственно-коммерческой деятельностью. Теоретические и практические исследования в этом и законодательно-нормативные ограничения недостаточно эффективны. Поэтому целью данной статьи является обоснование необходимости и возможность учета территориального распределения загрязняющих веществ и связанных с этим «внешних эффектов» на примере загрязнения атмосферы твердыми мелкодисперсными частицами.

Возможность использования принципов теории игр для усовершенствования механизма экономических взаимоотношений обоснована в [2].

Оценка ущерба нанесенного внешней среде неразрывно связана с распределением средств, полученных за счет сборов и штрафов за загрязнение между реципиентами, пострадавшими от этого загрязнения (хозяйствующие субъекты, территориальные образования, население). Для адекватного распределения этих средств необходимо установить не только общую сумму ущерба, но и его пространственное распределение. В противном случае имеют

место так называемые «внешние эффекты»- загрязняющий субъект будет негативно влиять на деятельность и ее результаты других субъектов без эквивалентного возмещения ущерба.

Для моделирования процессов распространения загрязняющих веществ используются довольно сложные методы предполагающие решение уравнений в частных производных [3,5,6] Такие модели исследуются и рекомендуются к применению Министерством по чрезвычайным ситуациям при моделировании техногенных аварий в реальном времени для определения экологических характеристик последствий и оптимизации методов их ликвидации. Они базируются на установлении достаточно точных начальных условий, и использовании мощной вычислительной техники.

Для моделирования выбросов, протекающих непрерывно в изменчивых условиях на протяжении длительного периода времени и из многих территориально распределенных источников, модели на основе уравнений в частных производных плохо реагируют прежде всего по причине дискретного характера добычи информационного массива.

***Обоснование используемых методов***

Это вызвано рядом причин:

1) система мониторинга состояния метеорологических условий на значительной территории (причем функционирующая в реальном времени и необходимая для определения начальных условий) является дорогостоящей.

2) при сколько-нибудь значительном

© И.А. Александров, Э.А.Костыря, 2004

количество источников загрязнения такая задача становится слишком сложной с точки зрения математического аппарата и использования компьютерных технологий.

3) при экономической оценке ущерба нанесенного окружающей среде важна не только динамика выбросов, но и конечный результат, то есть объемы выбросов и их пространственное распределение. В настоящее время сведения для такой оценки можно получить только из статистической отчетности предприятий, которая осуществляется дискретно через большие интервалы времени (например, раз в квартал).

В этих условиях целесообразна разработка упрощенной математической модели распространения загрязняющих веществ, для использования которой было бы достаточно имеющейся статистической отчетности, и с помощью которой охарактеризовать количественное распределение загрязняющих веществ от множества источников на конец определенного периода.

В данной статье разработана процедура моделирования рассеивания частиц твердых веществ выбрасываемых стационарными источниками в атмосферу и денежной оценки ущерба от этого загрязнения.

Дискретная модель предназначенная для моделирования риска со стороны населения от выбросов в атмосферу и исходящая из несколько иных допущений имеется в [7].

При построении модели реальной системы всегда приходится делать определенные допущения, которые определяют точность получаемых результатов и границы применимости модели.

В предложенную модель введены следующие допущения:

- 1) рассматриваются только твердые мелкодисперсные вещества;
- 2) все вещества разделены на однородные классы в зависимости от скорости осаждения, которая, в свою очередь, зависит от размеров фракций;
- 3) в пределах каждого класса объем выбрасываемых веществ различной химической природы и уровня опасности при-

водится к однородному виду и имеет единицу измерения - условных тонн. Тогда общий объем выбросов за рассматриваемый период ( $V$ );<sup>1</sup>

4) влиянием рельефа местности на распределение загрязнения можно пренебречь;

5) выбросы в атмосферу происходят непрерывно и равномерно на протяжении рассматриваемого периода;

6) скорость ветра можно приближенно считать постоянной, равной  $w$ ;

7) скорость осаждения загрязняющих веществ постоянна и пропорциональна концентрации, т.е. скорость в процентном выражении равна константе ( $a$ ).

Для упрощения исследуем одно направление ветра. Распределение загрязнения не зависит от того, был ли выброс единоразовым объемом  $V$  или загрязнение производилось постепенно. С математической точки зрения первая ситуация удобнее реализуется. Обозначим  $N(t)$  - объем оставшихся (еще не осевших) в атмосфере частиц. Отсюда следует, что  $N(0) = V$  и из допущения, приведенного в п.7 имеем

$$\frac{dN}{dt} = -a \cdot N$$

Решением этого уравнения будет

$$N(t) = V \cdot e^{-at}$$

Теперь можно установить пространственное распределение загрязнения (рис.1.). Пусть весь объем выбросов сконцентрирован в одной точке и эта точка переносится ветром со скоростью  $w$ . Рассмотрим территорию в границах  $[r, r + \Delta r]$ . В точке  $r$  загрязнение окажется в момент времени  $t' = \frac{r}{w}$ , в точке  $(r + \Delta r)$  - в момент времени  $t'' = \frac{r + \Delta r}{w}$ . За это время на исследуемую территорию выпадет объем загрязнений

<sup>1</sup> Для установления совокупной массы выбросов рекомендуется использовать коэффициенты агрессивности, которые приведены в [1]

$N(t') - N(t'') = N\left(\frac{r}{w}\right) - N\left(\frac{r + \Delta r}{w}\right)$ ,  
 средняя плотность которого составляет

$\frac{N\left(\frac{r}{w}\right) - N\left(\frac{r + \Delta r}{w}\right)}{\Delta r}$ . Устремляя  $\Delta r$  к нулю и переходя к пределу получим плотность загрязнения в точке:

$$f(r) = \lim_{\Delta r \rightarrow 0} \frac{N\left(\frac{r}{w}\right) - N\left(\frac{r + \Delta r}{w}\right)}{\Delta r} = \lim_{\Delta r \rightarrow 0} \frac{V \cdot e^{-a \cdot \frac{r}{w}} - V \cdot e^{-a \cdot \frac{r + \Delta r}{w}}}{\Delta r} = V \cdot \frac{a}{w} \cdot e^{-\frac{a}{w} \cdot r}$$

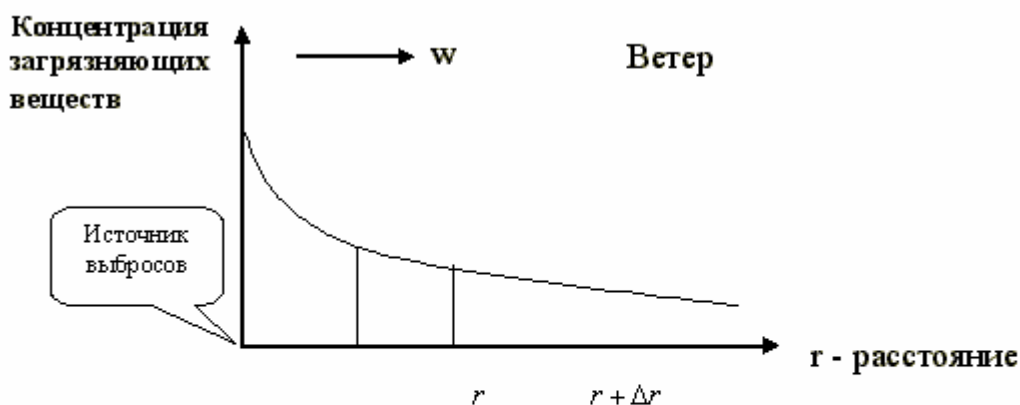


Рис. 1. Распределение загрязняющих веществ в определенном направлении

Далее обобщим полученный результат на случай ветра меняющего свое направление в течении рассматриваемого периода. Так как принято, что скорость ветра постоянна и выбросы непрерывные и равномерные, то распределение загрязняющих веществ не зависит от конкретной динамики изменения направления ветра, а зависит только от процентного соотношения по времени ветров в различных направлениях (роза ветров).

Вводится функция  $j(q)$  которая показывает распределение ветра для различных направлений (углов)  $q$ , то есть

$\int_0^{2\pi} j(q) dq = 1$  тогда  $V \cdot j(q)$  — объем загрязнения распространяющегося в заданном направлении (рис.2.).

На основе этого определяется распределение загрязнения:

$$f(q, r) = V \cdot j(q) \cdot \frac{a}{w} \cdot e^{-\frac{a}{w} \cdot r}$$

Если рассматривать  $n$  произвольно расположенных источников загрязнения с полярными координатами  $q_i, r_i$  и объемами выбросов  $V_i$ , то плотность загрязнения имеет вид (рис.3.):

$$F(q, r) = \sum_{i=1}^n V_i \cdot j(q - q_i) \cdot \frac{a}{w} \cdot e^{-\frac{a}{w} (r - r_i)}$$

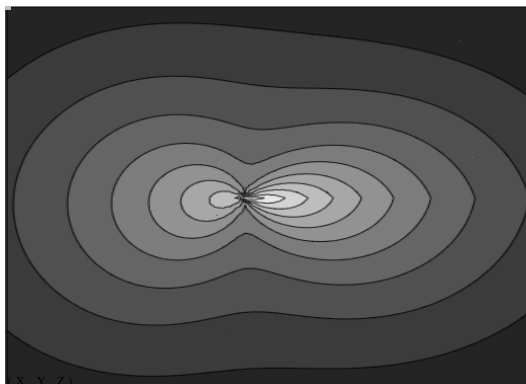


Рис. 2. Линии уровня плотности распределения загрязнения от одного источника в условиях Донбасса

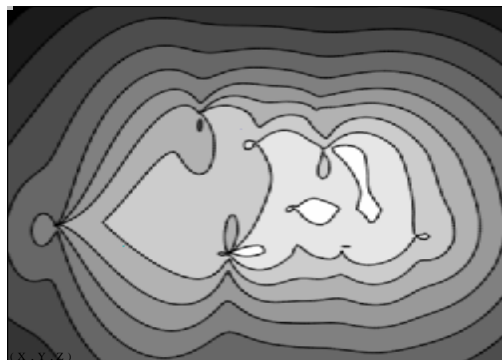


Рис. 3. Линии уровня плотности распределения загрязнения от нескольких источников Донбасса

Чтобы учесть вещества с различной скоростью осаждения при расчете плотности необходимо загрязнение просуммировать соответствующие функции  $F(q, r)$  с различными константами  $a$ .

Построить функцию  $j(q)$  можно путем интерполяции диаграммы розы ветров для определенного региона и последующего нормирования для того чтобы соблюдалось условие  $\int_0^{2\pi} j(q) dq = 1$ .

$$\int_0^{2\pi} j(q) dq = 1.$$

Построим функцию  $j(q)$  для Донбасса. Усредненные данные приведены в табл. 1. [3] и на рис. 4 приведена диаграмма розы ветров построенная по усредненным данным Донецкой области функция  $f(q)$ , полученная интерполированием ку-

бическими сплайнами усредненных данных.

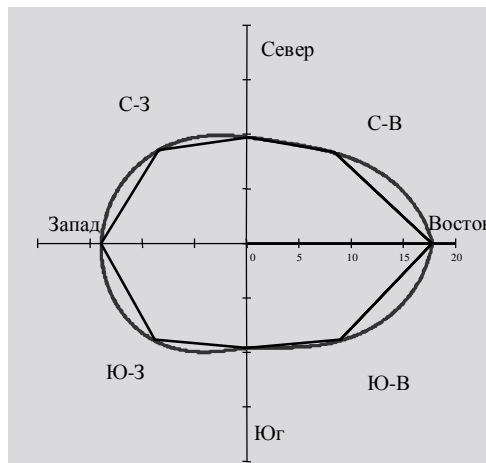


Рис. 4. Распределение направления ветров характерных для Донбасса

Таблица 1

Распределение направления ветра в течении года, %

Направление ветра \ населенный пункт	С	С-В	В	Ю-В	Ю	Ю-З	З	С-З
Старобельск	10	10	12	17	14	11	13	13
Луганск	9	14	21	10	6	12	16	12
Волноваха	10	14	20	8	9	13	13	13
Мариуполь	13	14	21	7	8	12	11	14
В бреднем	10,5	13	18,5	10,5	9,25	12	13,25	13

Функцию  $j(q)$  реализуем формулой

$$j(q) = \frac{f(q)}{\int_0^{2p} f(q) dq}$$

**Результаты**

Переход от натуральных показателей выбросов к стоимостным (ущерб) можно осуществить по методике предложенной в [1].

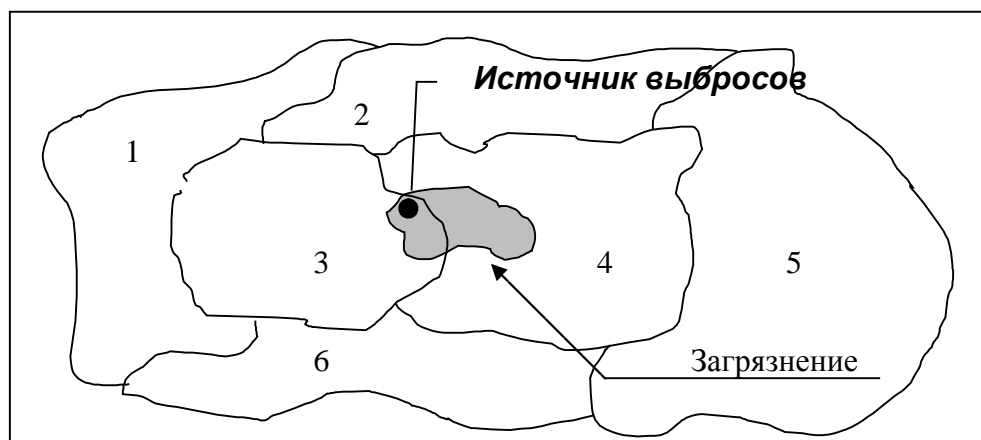
Это позволяет вместо значения  $V$  использовать в натуральном выражении стоимостное выражение ущерба, и получа-

ем “Распределение ущерба” для данной местности, одновременно установив величину «внешнего эффекта» (рис. 5).

Пусть существует  $k$  районов, на территории которых расположены источники загрязнения.

Построим матрицу  $A$  размером  $k$  на  $k$ , элементами которой являются функции

$$a_{i,j} = \iint_{D_j} F(q,r) dS$$



**Рис. 5. Пример «внешнего эффекта»  $k=6$**

Причем интеграл берется по области района  $j$ , в функции  $F(q,r)$  учитываются только источники загрязнения расположенные на территории района  $i$ . Таким образом  $a_{i,j}$  - это количество загрязнителя произведенного в  $i$ -м районе и осевшего в  $j$ -м районе. Для вычисления интегралов необходимо использовать численные методы, так как границы районов могут быть довольно сложной формы.

Для каждого района  $j$  можно вычислить среднее значение концентрации загрязняющих веществ на единицу площади:

$$\bar{Z}_j = \frac{\sum_{i=1}^k a_{ij}}{S_j}$$

где  $S_j$  - площадь  $j$ -го района.

Это среднее значение будет отражать действительный уровень загрязнения для данной территории, а не средний уровень выбросов, который отражает ситуацию упрощенно. Разумеется, если изучать значительные по масштабам территории, то для описания среднего уровня загрязнения будет вполне достаточно среднего уровня выбросов.

Использование стоимостных показателей матрицы  $A$  позволит отражать соот-

ветствующие объемы ущерба, а следовательно и размеры платежей районов друг другу при условии, что районы обладают соответствующими полномочиями.

Если существуют взаимозачеты платежей между двумя районами, то матрица  $A$  преобразуется в матрицу  $B$  по формуле:

$$b_{ij} = a_{ij} - a_{ji}, \quad B = A - A^T.$$

$$\Gamma_i = \sum_{j=1}^k a_{ij} - \sum_{j=1}^k a_{ji}, \quad \Gamma = A \cdot i - A^T \cdot i = B \cdot i$$

где  $i$  – единичный вектор;

$\Gamma_i$  - показывает сумму, которую  $i$ -й район должен выплатить в бюджет, если  $\Gamma_i > 0$ , или получить из бюджета если  $\Gamma_i < 0$ .

Теоретически подобные взаимозачеты могут увеличить эффективность использования собранных средств, так как значительная сумма средств вместо того чтобы отправляться на более высокий уровень, а затем возвращаться на более низкий, сразу остается на нижнем уровне.

Оценку эффективности (практической целесообразности и полезности) можно произвести рассчитывая абсолютный показатель  $M$  - общую сумму перераспределенных денежных средств, которые не были бы перераспределены в отсутствие модели.

Так как общая сумма выплачиваемых в бюджет средств (сумма положительных элементов вектора  $\Gamma$ ) равна общей сумме получаемых из бюджета средств (сумма отрицательных элементов вектора  $\Gamma$ ), то для получения суммы перераспределенных средств делим общую сумму пополам.

$$M = \frac{\sum_{i=1}^k |\Gamma_i|}{2}$$

Для создания эффективного механизма взаимозачетов рекомендуется относительный показатель  $m$  – долю перерас-

пределенных средств в общей сумме выплаченной предприятиями.

В итоге получаем асимметричную матрицу  $B$ .  
Если же существуют взаимозачеты между всеми районами в совокупности или централизованное распределение собранных платежей тогда ситуацию будет отражать вектор  $\Gamma$ :

пределенных средств в общей сумме выплаченной предприятиями.

$$m = \frac{M}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k a_{ij}} = \frac{M}{i^T \cdot A \cdot i}$$

Если какой-либо показатель  $M$  или  $m$  можно признать значительным, то данная модель применяется как надежная. С другой стороны с течением времени структура производства, его объемы, а, следовательно, и объемы и координаты выбросов могут меняться. Поэтому показатели  $M$  и  $m$  тоже подвержены изменению и, будучи менее эффективной, в данном периоде модель увеличит свою эффективность в следующем периоде.

#### Выводы

1. Достоинствами данной модели являются:

- 1) простота;
- 2) возможность автоматизации;
- 3) доступность исходных данных, которые содержатся в статистической отчетности предприятия.

2. Таким образом, разработанная модель позволяет:

- 1) рассчитывать плотность загрязнения для каждой точки территории, учитывая розу ветров;
- 2) рассчитывать платежную матрицу, анализируя которую можно определить

наличие и масштабы внешних эффектов для каждого района (загрязнение со стороны других районов);

3) определять налоговую, экологическую политику не только в зависимости от объемов выбросов предприятий, но и от экологической ситуации в пределах определенной территории.

3. В результате экономический эффект возникает за счет математизации мониторинга и сокращения доли дорогих лабораторных исследований, устранения «внешних эффектов», более объективной оценки ущерба от загрязнения.

4. Аналогичные по смыслу модели могут быть полезны при моделировании других видов загрязнений, особенно речных систем. Так как одна река может проходить через множество городов, областей и даже через несколько государств. При этом источники загрязнения находящиеся выше по течению для выравнивания внешних эффектов должны производить отчисления в пользу страдающих от загрязнения субъектов находящихся ниже по течению.

### Литература

1 Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству за-

грязнением окружающей среды. - М.: Экономика, 1986. – 96с.

2 Александров И.А., Кашта А.Н. Моделирование взаимоотношений фирмы транснационального производства и института природоохранного управления// Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: економічна. Вип.. 68.-Донецьк: ДонНТУ, 2003. - С. 54-60.

3 Катков В.Л. Моделирование ветрового переноса загрязнений при чрезвычайных ситуациях //Инженерная экологія. – 2000. - №1. - с.22-30

4 Симоненко В.Д. Фізико-географічне районування Донбасу для цілей сільського господарства. – Донецьк: - 1972.

5 Системное моделирование экологических процессов. /Кузнецов Ю.И. – Новосибирск: - 1991. – 138с.

6 Численное моделирование для задач динамики атмосферы и охраны окружающей среды /Пененко В.В. – Новосибирск: - 1989. – 82с.

7 Ширяева В., Мамонтов В., Быков А. Экономическая оценка риска для населения от систематических выбросов оксидов азота и взвешенных частиц//Управление риском - 2002. - №1. – с48-51

Статья поступила в редакцию 08.09.2004

**Н.Н. АНДРЕЕВА, к.э.н., старший научный сотрудник,**

*Институт проблем рынка и экономико-экологических исследований НАН Украины*

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ФИНАНСОВОГО МЕНЕДЖМЕНТА В УКРАИНЕ С УЧЕТОМ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА И В РАМКАХ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Резкое обострение экологических проблем в Украине обусловлено действием целого ряда как социально-экономических, так и технико-технологических, организационных и других факторов. Основными из них, по мнению ряда отечественных экономистов [1, с.34], следует считать экологически не взвешенное

наращивание масштабов экстенсивного развития производительных сил, очень нерациональное и интенсивное использование природных ресурсов и как результат этого развития, весьма природо-, энерго- и ресурсоемкую структуру экономики. В частности, землеёмкость еди-

© Н.Н. Андреева, 2004