АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТИТ. Г

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Москва - 1983

042(02)1

Ответственные редакторы:
доктор экономических наук А.А.Гусев,
кандидат экономических наук Г.А.Моткин

Редактор - Т.П.Гусакова
Корректор - Т.Н.Аверьянова

С.Г.Синельников

К ВОПРОСУ О СТИМУЛИРОВАНИИ ПРОТИВОЗАГРЯЗНЯЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Теорией оптимального функционирования социалистической экономики установлено, что для принятия "малых" хозяйственных решений необходимо пользоваться ценами плановой сбалансированности, которые характеризуют влияние каждого вида ресурсов и продуктов экономической системы на значение народнохозяйственного критерия оптимальности. Соизмерение затрат и результатов в оптимальных ценах и принятие локальных хозяйственных решений на основе достижения максимума прибыли обеспечивает согласование этих решений с народнохозяйственными интересами [1].

Как известно, анализ проблем установления нормативов эффективности средств производства не зависит от выбора народнохозяйственного критерия оптимальности. Поэтому мы рассмотрим простейшую задачу установления общественного минимума затрат на предотвращение загрязнения природной среды (см. например, об этом [2], [3], а в более сложных постановках - [4], [5]). Задача служит теоретическим обоснованием построения системы экономического стимулирования мероприятий по охране окружающей среды от загрязнения.

Пусть имеется n локальных производственных или непроизводственных ячеек, служащих потенциальными источниками загрязнения окружающей среды. Для обеспечения установленного качества среды должно выполняться равенство $\sum_{i=1}^{n} Q_i = Q$, где Q_i - объем загрязняющего вещества, устраняемый i-й ячейкой; Q - суммарный объем очистки, обеспечивающий допустимое состояние окуражющей среды.

Научное определение допустимой меры загрязнения (что в данной постановке эквивалентно суммарному объему очистки) является чрезвычайно важной и актуальной задачей. Как подчеркивается в работе [6], нельзя допускать превышения того уровня загрязнения, после которого природные системы оказываются не в состоянии "перерабатывать" загрязнение, теряют способность к самовосстановлению, деградируют или погибают.

Загрязняющим веществом в данной постановке может быть либо конкретное вещество (случай нескольких загрязняющих веществ: $\sum_{i=1}^{n} Q_{i\ell} = Q_\ell$, $\ell = 1, \ldots, p$, не меняет принципиально ни постановки задачи, ни выводов из нее), либо некоторый агрегированный показатель загрязнения.

$C_i(Q_i)$ – затраты i-й ячейки на устранение объема загрязнителя Q_i.

В задаче требуется найти такой план очистки $(Q_1, \ldots, Q_n)$, при котором будет выполняться равенство $\sum_{i=1}^{n} Q_i = Q$, и при этом суммарные затраты на очистку будут минимальны:

$$\sum_{i=1}^{n} C_i(Q_i) \to min, \qquad \sum_{i=1}^{n} Q_i = Q. \tag{I}$$

Составив функцию Лагранжа для задачи I:

$$L(Q_1, \ldots, Q_n, \lambda) = \sum_{i=1}^{n} C_i(Q_i) - \lambda\left(\sum_{i=1}^{n} Q_i - Q\right)$$

можно получить вывод о том, что искомые объемы устранения загрязнителя (объемы очистки) должны быть таковы, чтобы предельные затраты, соответствующие массе устраненного загрязнителя, были одинаковыми во всех n ячейках, т.е.

$$\frac{d\,C_i(Q_i)}{d\,Q_i} = -\lambda, \quad i = 1, \ldots, n.$$

Таким образом, задачу минимизации затрат на очистку при заданном суммарном объеме можно свести к следующему:

$$\min C_i(Q_i) + \lambda Q_i\,, \quad i = 1, \ldots, n,$$

при известном $\lambda < 0$. Из этой задачи определяется формальный аналог платы за загрязнение, который в дальнейшем для краткости будем называть налогом.

Пусть $Q_i = Q_i^T - \bar{Q}_i$, где Q_i^T – масса производимых отходов (загрязнителя), $\bar{Q}_i$ – объем выбросов. Тогда

$\min C_i(Q_i) + \lambda Q_i = \min C_i(Q_i) + \lambda Q^T - \lambda \bar{Q}_i$, что эквивалентно $\min C_i(Q_i) - \lambda \bar{Q}_i$, так как $\lambda Q_i^T = const$.

Решив n безусловных экстремальных задач вида $\min C_i(Q_i) - \lambda \bar{Q}_i$, где λ – налог за единицу выброса загрязнителя, получим решение задачи, обеспечивающее общий минимум затрат на очистку объема Q (заметим, что в подобной интерпретации λ имеет отрицательный знак, поскольку является налогом).

Другими словами, каждая локальная ячейка в своей хозяйственной деятельности должна руководствоваться критерием минимизации суммы затрат на очистку ($C_i(Q_i)$) и налога($-\lambda \bar{Q}_i$), тогда общие затраты для достижения допустимого состояния среды будут минимальными.

Каждая хозяйственная ячейка будет наращивать объем очистки до тех пор, пока предельные издержки на нее не станут равными налогу. Очевидно, что сделанный вывод справедлив для случая, когда функция затрат на очистку в зависимости от объема ее является выпуклой (рис.I).

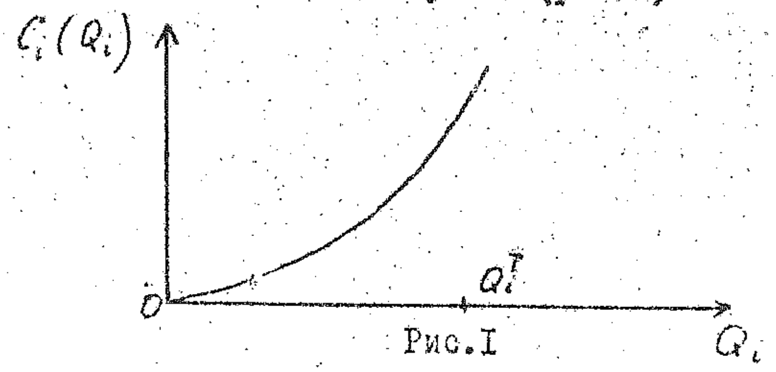

Рис.I

Каждой величине налога λ соответствует определенное количество обезвреженного загрязнителя Q. Если предположить, что остальной загрязнитель равномерно распределяется по территории и его концентрация является допустимой, то будет реализовано общественно допустимое состояние окружающей среды, причем с минимально-возможными затратами. Предпосылка о равномерном распределении загрязнителя по территории, для которой решается задача, во многих случаях не выполняется. Например, если решать задачу для нескольких промышленных центров, находящихся на расстоянии друг от друга, то нельзя принимать, что выбросы равномерно распределяются по всей территории. Возникает задача объединения предприятий в такие группы, для которых можно считать, что концентрация загрязнителя на всей территории примерно одинаковая.

Таким образом, в нашей постановке формализация налога служит экономическим рычагом, позволяющим децентрализовано стимулировать выход на допустимое состояние окружающей среды - количество очищенных отходов в n хозяйственных ячейках обеспечивает это допустимое состояние - при минимальных общественных затратах. Если суммарный очищаемый объем больше общественно необходимого $\sum_{i=1}^{n} Q_i > Q$, то нужно понизить налог, если $\sum_{i=1}^{n} Q_i < Q$, то повысить. Случай, когда при некотором значении налога $\sum_{i=1}^{n} Q_i = Q$, т.е. баланс загрязнения выполнен, означает, что ячейки будут наращивать объем очистки до тех пор, пока предельные затраты не станут равными налогу. В случае дискретных хозяйственных мероприятий по очистке в план войдут только те мероприятия, у которых средние затраты на очистку меньше налога, тогда при выполненном балансе, затраты будут минимальными.

Рассмотрим теперь вторую простейшую модель, позволяющую обосновать применение налога на загрязнение. Как будет показано ниже, эта модель эквивалентна модели (I). Но она позволяет нам включить понятие "налог на загрязнение" в систему категорий теории оптимального функционирования социалистической экономики.

Измерение дифференциальных затрат на производство продукции в случае, когда ограничены многие средства производства производится по формуле $z + \sum_{h=1}^{m} q_h r_h = min$, где z - прямые затраты на производство продукции, расход m лимитированных средств на продукцию составляет соответственно $q_1, q_2, \ldots, q_m$; $r_1, r_2, \ldots, r_m$ - нормы их эффективности нам известны [7]. Формула показывает, что зная нормы эффективности каждого лимитированного средства, можно вычислить дифференциальные затраты при любом числе совместно затрачиваемых средств производства, прибавив к затратам производства данной продукции сумму затрат обратной связи $\sum_{h=1}^{m} q_h r_h$.

При любых нормах эффективности отобранное по формуле сочетание вариантов будет: рассчитано на заданную программу производства: отличаться наименьшей суммой дифференциальных затрат на всю программу.

Но лишь при определенном значении нормативов достигается общий минимум затрат производства, осуществляемый при действительном наличии средств.

Критерием выбора различных значений норм, при которых балансы всех средств производства уравновесятся, должен быть максимум экономии труда от их использования. Это достигается, во-первых, когда индивидуальные минимумы дифференциальных затрат совместимы, т.е. общая потребность в каждом средстве для вариантов, отличающихся наименьшими дифференциальными затратами, не превышает наличия этого средства; во-вторых, все средства, нормы эффективности которых больше нуля, используются полностью; средства, для которых нормы эффективности равны нулю - частично или не используются совсем.

Выброс отходов без очистки позволяет i-й хозяйственной ячейке снижать издержки производства продукта по сравнению с общественно необходимыми. Но объем поступления загрязнителя в окружающую среду ограничен уровнем предельно допустимых выбросов (ПДВ). Поэтому возникает задача распределения между n локальными хозяйственными ячейками объема суммарного ПДВ, или иначе, распределения способности окружающей среды к переработке загрязнения. Ограниченность способности окружающей среды к "уничтожению" выбрасываемых отходов и регенерации возобновимых природных ресурсов необходимо рассматривать как лимитирующий фактор экономического роста [6]. Таким образом, между n ячейками требуется распределить эффективное ограниченное средство производства - способность природной среды к "уничтожению" загрязнения, к самовосстановлению в объеме предельно допустимых выбросов $\bar{Q}$ так, чтобы минимизировать суммарные (во всех n ячейках) затраты на производство продукции, которое загрязняет среду в объеме Q^T, т.е.

$$\sum_{i=1}^{n} z_i(\bar{Q}_i) \to min$$
$$\sum_{i=1}^{n} \bar{Q}_i = \bar{Q}, \qquad (2)$$

где $z_i(\bar{Q}_i)$ - затраты на производство продукта в i-й ячейке в зависимости от объема выбросов (загрязнения); $\bar{Q}$ - общий лимит загрязнения.

Как и в задаче (I), рассмотрим случай убывающей производительности загрязнения, т.е. когда зависимость затрат на производство продукции в i-й ячейке от объема выбросов описывается выпуклой функцией (рис.2).

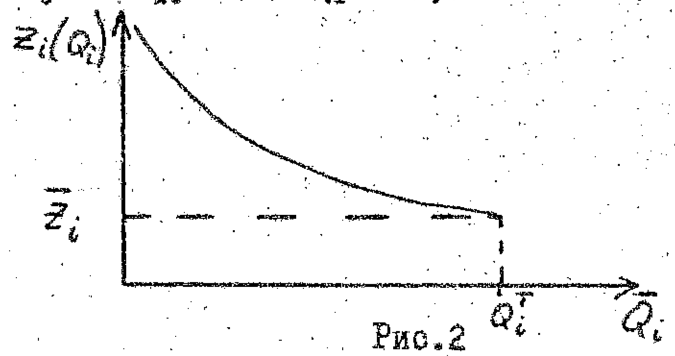

Рис.2

На рис.2 $\bar{z}_i$ - это затраты на производство продукции в i-й ячейке, если выбрасываются все произведенные отходы Q_i^T.
Составим функцию Лагранжа для задачи (2):

$$L(\bar{Q}_1, \ldots, \bar{Q}_n, \alpha) = \sum_{i=1}^{n} z_i(\bar{Q}_i) + \alpha\left(\sum_{i=1}^{n} \bar{Q}_i - \bar{Q}\right).$$

Отсюда ясно, что в точке минимума должно выполняться равенство $\frac{dz_i(\bar{Q}_i)}{d\bar{Q}_i} = -\alpha$, $i = 1, \ldots, n$, т.е. для осуществления минимума затрат на производство продукции каждая хозяйственная ячейка должна "наращивать" загрязнение (использовать свойство самовосстановления среды) до такого объема, чтобы предельная отдача от этого (снижение затрат при малом увеличении объема загрязнения) стала равна α. Тогда суммарная потребность в загрязнении будет равна лимиту и максимальный эффект от объема загрязнения $\bar{Q}$ будет достигнут.

Заметим, что более естественная постановка задачи (2) - это

$$\sum_{i=1}^{n} z_i(\bar{Q}_i) \to \min,$$

$$\sum_{i=1}^{n} \bar{Q}_i \le \bar{Q}. \qquad (2')$$

Необходимо, чтобы потребность в загрязнении здесь не превышала лимит предельно допустимого для данной территории объема Q.

Рассмотрим как связаны между собой задачи (I) и (2). Затраты на производство в i-й хозяйственной ячейке состоят из затрат на производство продукции и затрат на поддержание объема выбросов, равным $\bar{Q}$:

$$z_i(\bar{Q}_i) = \bar{z}_i + K_i(\bar{Q}_i).$$

Объем выбросов в i-й ячейке равен разности объемов производимых и очищаемых отходов: $\bar{Q}_i = Q_i^T - Q_i$.
Поэтому $K_i(\bar{Q}_i) = C_i(Q_i^T - \bar{Q}_i)$ (рис.3), так как $z_i(\bar{Q}_i) = \bar{z}_i + C_i(Q_i^T - \bar{Q}_i)$, то

$$\frac{dz_i(\bar{Q}_i)}{d\bar{Q}_i} = \frac{d(\bar{z}_i + c_i(Q_i^T - \bar{Q}_i))}{d\bar{Q}_i} = \frac{dc_i(Q_i^T - \bar{Q}_i)}{d(Q_i^T - Q_i)} = \frac{dc_i(Q_i)}{-dQ_i} = -\frac{dc_i(Q_i)}{dQ_i}$$

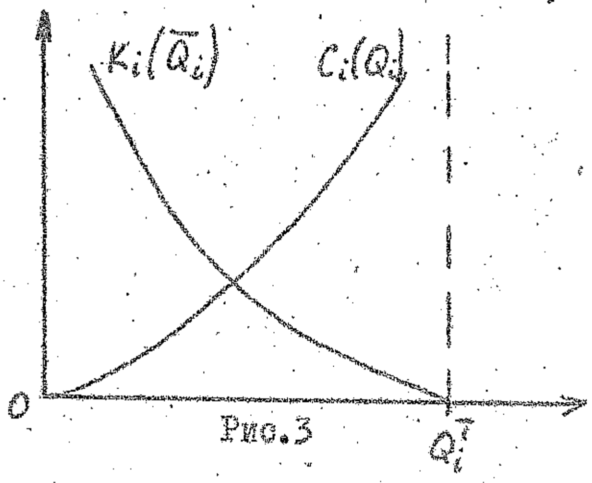

Рис.3

Таким образом, если в оптимальном плане задачи (I) предельное приращение затрат на очистку во всех ячейках равно λ, то предельное снижение затрат на производство продукции во всех ячейках равно той же величине: $\alpha = -\lambda$.

Налог на загрязнение среды, т.е. плата хозяйственной ячейки за выброс единицы загрязнения, должен устанавливаться в размере, равном нормативной эффективности использования лимитированного средства производства - способности среды к самовосстановлению.

При минимуме общественных затрат предельные (нормативные) затраты на очистку должны быть равны предельному (нормативному) эффекту от использования такого средства производства, как загрязнение.

Дифференциальные затраты на производство продукта в i-й ячейке равны затратам производства плюс сопряженные затраты, в объеме выбросов i-й ячейки с нормативной эффективностью α:

$$\hat{z}_i = z_i(\bar{Q}_i) + \alpha(Q_i^T - Q_i) = \bar{z}_i + K_i(\bar{Q}_i) + \alpha\bar{Q}_i.$$

Дифференциальные затраты на такой продукт как очистка среды в объеме Q_i равны $\hat{C}_i(Q_i) = C_i(Q_i) + \lambda Q_i$. Они образуются из затрат на очистку объема Q_i в i-й ячейке и нормативных затрат на объем Q_i ; величина λQ_i - это нормативный ущерб объекту, который вычитается из прямых затрат, и устанавливая тем самым предельные затраты на очистку и ее объем. Величина λQ_i позволяет согласовать частные минимумы затрат различных объектов:

α - нормативный эффект единицы загрязнения - показывает, насколько изменится стоимость продукта (из-за стоимости очистки), если объем выбросов изменить на единицу.

λ - нормативный ущерб единицы объема очистки - показывается, насколько изменится стоимость очистки при изменении объема на единицу.

Полные затраты на очистку можно также записать как

$$\hat{C}_i(Q_i) = C_i(Q_i) - \alpha Q_i,$$

где $\alpha Q_i = \alpha(Q_i^T - \bar{Q}_i)$ - разница между нормативным эффектом, который можно получить, если выбрасывать все (Q_i^T), и нормативным эффектом от выброса объема $\bar{Q}_i$.

Другими словами, действительные затраты $C_i(Q_i)$ на очистку уменьшаются на величину нормативного эффекта, который может быть получен путем выброса количества загрязнителя, равного по объему, очищенному в i -й ячейке.

Равенство $\lambda = -\alpha$ означает, что предельное повышение издержек производства продукта за счет очистки во всех ячейках должно соответствовать предельному понижению издержек производства продукта за счет выбросов.

Другими словами: предельный (нормативный) эффект от снижения стоимости общественного продукта за счет выброса загрязнителя (α) должен быть равен предельному повышению общественных издержек, связанных с защитой окружающей среды от загрязнения (λ).

Можно еще интерпретировать параметр α как норматив замещения текущих затрат выбросами загрязнителя в окружающую среду, т.е. использовать способность окружающей среды к самоочистке от загрязнения в целях снижения затрат на производство продукции можно только в том случае, если единица использования этого ресурса приносит эффект (снижение затрат) не меньший, чем нормативный.

Таким образом, для локальных хозяйственных ячеек имеется два варианта нахождения оптимальных объемов очистки при известном α (или λ) Ячейки могут решать задачу минимизации дифференциальных затрат на производство продукции:

$$\hat{Z}_i = Z_i(Q_i) + \lambda \bar{Q}_i \rightarrow min; \quad i = 1, ..., n,$$

или задачу минимизации полных (дифференциальных) затрат на очистку объема загрязнения:

$$\hat{C}_i = C_i(Q_i) - \alpha Q_i \rightarrow min; \quad i = 1, ..., n,$$

что эквивалентно задаче $\hat{C}_i = C_i(Q_i) + \lambda Q_i \rightarrow min;$ $i = 1, ..., n,$ (или упомянутой выше задаче $\hat{C}_i = C_i(Q_i) - \lambda \bar{Q}_i \rightarrow min; \ i = 1, ..., n.$

Из вышеизложенного видно, что модели нахождения минимума затрат на поддержание предельно допустимого качества природной среды (I) и (2) являются одинаковыми, дают одно и то же решение и являются теоретическим обоснованием стимулирования противозагрязняющей деятельности. Модель (2) обладает только тем преимуществом, что рассматривает налог как нормативную эффективность использования ресурса (лимитированного средства производства). Модель (2) в отличие от модели (I) может не рассматриваться отдельно, а быть составной частью задачи распределения лимитированных средств производства (задачи измерения дифференциальных затрат) [7] :

$$\sum_{i=1}^{n} z_i \rightarrow min$$

$$\sum_{i=1}^{n} q_{hi} \leq Q_h, \quad h=1,\ldots,m,$$ где

$$q_{h_0 i} = \bar{z}_i, \quad Q_{h_0} = \bar{Q}.$$

Такая постановка задачи объединяет определение налога на загрязнение как норматива эффективности с определением нормативов эффективности использования других ресурсов, в том числе и природных. Модель (2) позволяет интерпретировать налог на загрязнение в терминах теории оптимального планирования, что способствует дальнейшему изучению теоретических проблем социалистического природопользования и внедрению налога (платы) за загрязнение.

Проблема согласования интересов общественных и локальных хозяйственных ячеек в деле охраны окружающей среды от загрязнения - одна из центральных в теории оптимального функционирования социалистической экономики, поэтому введение налога на загрязнение, который может помочь решению этой задачи должно усовершенствовать экономические отношения в социалистическом природопользовании. В настоящих условиях предприятия экономически не заинтересованы в сокращении выбросов отходов своего производства, так как это существенно увеличивает их издержки, повышает себестоимость продукции [8].

Конечно, введение налога не решает всей проблемы, кроме того, для действенного экономического рычага налог должен быть элементом развитой системы управления природопользованием [9], т.е. необходимы технические и организационные условия для изменения объемов выброса загрязняющих веществ. Налог (норматив эффективности использования способности окружающей среды к восстановлению) органически связан с экономическими оценками природных ресурсов, с экономическим ущербом от экологических нарушений, экономическим оптимумом качества окружающей природной среды и другими категориями. Поэтому введение его может быть в достаточной мере эффективным только при комплексном использовании в хозяйственной практике принципов теории оптимального функционирования социалистической экономики.

Литература

1. Оптимизация функционирования социалистической экономики. /Под ред. С.С.Шаталина. - М.: МГУ, 1980.
2. Пэнтл Р. Методы системного анализа окружающей среды. - М.: Прогресс, 1979.
3. Низ А. Экономика и окружающая среда. - М.: Экономика, 1981.
4. Вороновицкий М.М., Гофман К.Г., Гусев А.А., Спивак В.А. Экономические основы платы за загрязнение окружающей среды. - Экономика и математические методы, 1975, т.XI, вып.5.
5. Охрана окружающей среды: модели управления чистотой природной среды. /Под ред. К.Г.Гофмана и А.А.Гусева. - М.: Экономика, 1977.
6. Социализм и природа (научные основы социалистического природопользования). М.: Мысль, 1982.
7. Новожилов В.В. Проблемы измерения затрат и результатов при оптимальном планировании. - М.: Экономика, 1972.
8. Охрана окружающей среды: модели социально-экономического прогноза. - М.: Экономика, 1982.
9. Федоренко Н., Гофман К. Проблемы оптимизации планирования и управления окружающей средой. - Вопросы экономики, 1972, № 10.