Е.С. Калмыкова, Р.Г. Хлебопрос*

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАТЕЖЕЙ

Введение

Человек с давних времен начал использовать природные ресурсы для производства необходимых ему предметов и вещей. Изначально объем оказываемого человеком воздействия на природу был таков, что восстановление возобновимых природных ресурсов — леса, воды, рыбных ресурсов — происходило полностью и успешно без вмешательства человека. А исчерпание невозобновимых природные ресурсов не рассматривалось как проблема. В данных условиях в природопользовании стал преобладать затратный подход.

С другой стороны, достаточно рано проявилась рентная характеристика природных ресурсов: собственник или обладатель ресурсов более высокого качества и/или более доступных по сравнению с другими аналогичными ресурсами получал «бонус», сверхприбыль только за факт обладания такими природными ресурсами. После того, как масштабы исчерпаемости невозобновимых природных ресурсов стали очевидны, а возобновимые ресурсы человеческий фактор сделал такими же уязвимыми, рента стала неуклонно возрастать, особенно для тех регионов, освоение которых еще только началось, если сравнивать освоенную часть и масштаб разведанных запасов.

В статье исследуются проблемы, которые представляют особый интерес для тех регионов, где природная рента проявляется особенно сильно. Для таких регионов, как правило, встает проблема выбора: активное освоение природных ресурсов (тогда целесообразно откладывать получаемую ренту, чтобы впоследствии компенсировать ресурсный дефицит) либо сохранение окружающей среды.

Долгое время предполагалось, что данное противоречие непреодолимо. Однако возможно показать обратное: симбиоз природы и общества возможен. Для этого рассмотрим неравенства, описывающие в общем случае взаимодействие промышленного (или сельскохозяйственного) объ-

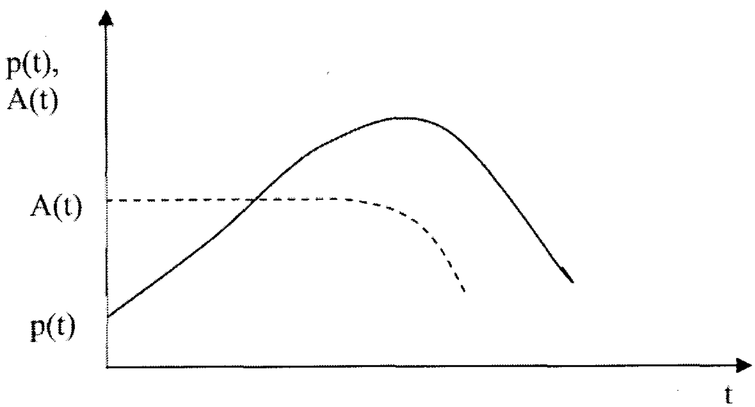

Рис. 1. Динамика промышленного производства и экологическая емкость среды: эколого-экономический коллапс

екта и окружающей среды. При экологосберегающем варианте экономического развития $p(t)\varepsilon(t) < A(t)$, где $\varepsilon(t)$ — коэффициент, характеризующий загрязнение среды; $p(t)$ — объем промышленного производства; $A(t)$ — экологическая емкость среды. В тех случаях, когда объем производства резко нарастает, а проблемы защиты окружающей среды не являются доминантой экономического развития, то есть практически $A(t)$ = const и $\varepsilon(t)$ = const, рост объема производства приводит к нарушению неравенства: $p(t)\varepsilon(t) > A(t)$, $p(t)\varepsilon(t)$ больше исходного значения экологической емкости. Окружающая среда деформируется, а $A(t)$ становится монотонно убывающей функцией (как показано на рис. 1).

При такой стратегии экономического развития результатом является эколого-экономический коллапс, резкое ухудшение качества окружающей среды, а затем резкое сокращение объемов производства. На рис. 2 изображен случай компромисса между экономической и экологической составляющими в процессе экономического развития территории. По мере роста объема производства $p(t)$ совершенствуется технология защиты окружающей среды, $\varepsilon(t)$ — монотонно убывающая функция. Экономическое освоение территории описывается неравенством: $p(t)\varepsilon(t) < A_0 \equiv \text{const}$, где A_0 — начальное состояние емкости территории.

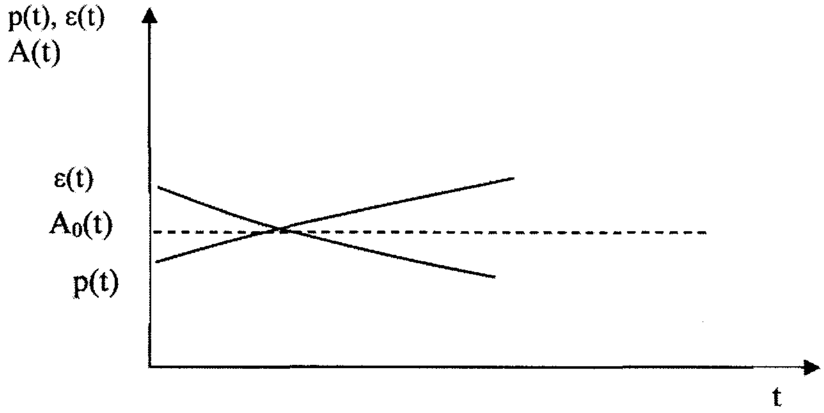

Рис. 2. Динамика промышленного производства и экологическая емкость среды: случай компромисса

Этот вариант развития достаточно широко применяется в промышленно развитых странах. В настоящее время все больше внимание привлекает вариант симбиоза природы и общества, когда экономическое развитие сопровождается резким увеличением емкости окружающей среды. $A(t)$ — монотонно возрастающая функция (рис. 3).

В Голландии и Санкт-Петербурге именно этот вариант развития существовал на первых этапах освоения территории. Важно отметить, что определяющим фактором существования того или иного варианта развития являются формы экологических платежей. Если деньги вкладываются в повышение емкости окружающей среды (Голландия, бывшая Колхида), имеет место симбиоз природы и человека. Если экологические платежи сравнительно малы и предприятиям выгодно постоянно их выплачивать, не совершенствуя при этом технологию и систему очистных сооружений, налицо первый описанный вариант — эколого-экономический коллапс.

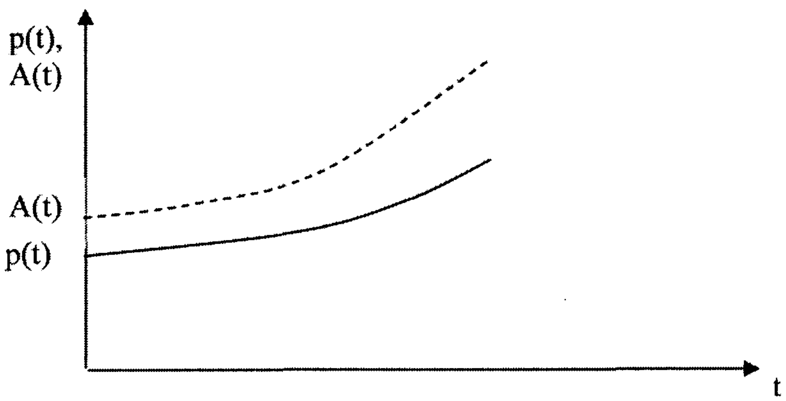

Рис. 3. Динамика промышленного производства и экологическая емкость среды: симбиоз природы и человека

Наконец, если размеры экологических платежей таковы, что стимулируют предприятия улучшать технологию, внедрять новые системы очистки, можно утверждать, что существует компромисс между человеком и окружающей средой. Поэтому в данной работе вопросам экологических платежей и штрафов уделяется особое внимание. Решаются ряд задач о выборе оптимального уровня штрафов, при котором уменьшение уровня загрязнения становится выгодным для промышленного предприятия (что достигается при использовании предприятием различных очистительных сооружений).

1. Затраты предприятия и штраф

Рассмотрим ряд задач, связанных с определением оптимальных уровней штрафа за загрязнение окружающей природной среды, которые не приводят к разорению предприятий и введение которых будет способствовать улучшению экологической ситуации в области. Рассмотрим положение в некоторой географической области, где развивается определенный вид производства.

Пусть объем производства в некоторый момент времени равен V (безразлично, в каких единицах его измеряют), а величина выбрасываемых в окружающую среду отходов на единицу произведенной продукции равна ε. Тогда величина всех выбросов от данного вида производства составляет εV. Существует предельная величина суммарного выброса, какую может безопасно принять рассматриваемая гипотетическая область, то есть переработать в безвредные вещества или содержать в приемлемой для человека концентрации. Назовем эту величину экологической емкостью области и обозначим ее через A. Очевидно, что для экологической допустимости производства должно соблюдаться неравенство $\varepsilon V < A$. Величина V увеличивается, и чтобы неравенство выполнялось, нужно уменьшать ε, совершенствуя методы очистки [1, 2]. Однако именно здесь возникает определенная проблема, связанная, прежде всего, с выбором того или иного вида очистных сооружений, различающихся как по своей цене, так и по качеству проводимой переработки отходов. При этом выбор каким-либо предприятием той или иной технологии диктуется не только стоимостью очистки на единицу продукта, но и теми штрафами, которые предприятие выплачивает за загрязнение окружающей среды.

С другой стороны, выбирая ту или иную величину штрафа, что является прерогативой государственных органов, можно стимулировать предприятия устанавливать более совершенные и более дорогие очистные сооружения. Последнее несомненно скажется самым благоприятным образом на экологической обстановке, но введение слишком большой величины штрафа может привести к негативным последствиям, к разорению предприятий.

Рассмотрим следующую ситуацию. Пусть некоторое промышленное предприятие выбрасывает в атмосферу (воду, почву и др.) ежегодно (в нашем случае год — условная временная единица) α условных единиц (у. е.) вредных веществ, если не производится очистка. Обозначим через q величину штрафа за 1 у. е., налагаемого государством на предприятие. Предположим, что на этом предприятии можно установить два типа очистительных сооружений: когда работает первая установка, то вредные выбросы составляют ε_1 у. е., когда вторая — ε_2 у. е., причем вторая установка лучше, то есть $\varepsilon_2 < \varepsilon_1 < \alpha$.

Какую величину штрафа следует назначить государству, чтобы предприятию было выгоднее включить вторую установку? Будем предполагать, что обе установки имеют одинаковую цену, но стоимость очистки при использовании второй установки больше стоимости первой. Для простоты будем считать, что если штраф меньше некоторого порогового значения q'_0, то предприятию невыгодно включать первую установку, и установка включается, когда величина штрафа соизмерима со стоимостью очистки; то же самое верно и для второй установки — соответствующее пороговое значение обозначим через q''_0. Эти пороговые значения могут быть найдены.

Действительно, обозначим через p_1 стоимость очистки одной у. е. выбросов для первой установки, а через p_2 — для второй. В соответствии с предположениями $p_2 > p_1$. Тогда пороговое значение q'_0 может быть найдено из следующего соотношения:

$$\varepsilon_1 \cdot q + \alpha \cdot p_1 = \alpha \cdot q, \tag{1}$$

где $\varepsilon_1 \cdot q$, $\alpha \cdot q$ — штрафы за вредные выбросы, $\alpha \cdot p_1$ — стоимость очистки. Из соотношения (1) получаем, что

$$q'_0 = \frac{\alpha \cdot p_1}{\alpha - \varepsilon_1}. \tag{2}$$

Аналогично выражению (2),

$$q_0'' = \frac{\alpha \cdot p_2}{\alpha - \varepsilon_2}. \qquad (3)$$

Будем предполагать, что $q_0' < q_0''$, так как в противном случае включение второй установки, безусловно, выгоднее при любых значениях штрафов. Графически характер зависимости затрат предприятия P от величины штрафа q представлен на рис. 4.

Если $q = 0$, то все затраты предприятия равны p_0. Далее до точки q_0' затраты описываются функцией

$$P(q) = P_0 + \alpha \cdot q. \qquad (4)$$

В точке q_0' затраты равны $P' = P_0 + \alpha \cdot q_0'$. Если включается первая очистительная установка, то при $q > q_0'$ функция затрат имеет вид

$$f_1(q) = P_0 + \alpha \cdot p_1 + \varepsilon_1 \cdot q. \qquad (5)$$

Аналогично формулам (4) и (5), для второй установки при $0 \le q \le q_0''$

$$P(q) = P_0 + \alpha \cdot q, \qquad (6)$$

а при $q > q_0''$ функция затрат принимает следующий вид:

$$f_2(q) = P_0 + \alpha \cdot p_2 + \varepsilon_2 \cdot q, \qquad (7)$$

и в точке q_0'' затраты равны $P'' = P_0 + \alpha \cdot q_0''$. С учетом введенных выше ограничений получаем, что существует значение q, при котором $f_1(q) = f_2(q)$ (рис. 4). Обозначим решение этого уравнения через $q_{равн.}$ (равновесное q):

$$q_{равн.} = \alpha \frac{p_2 - p_1}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} \qquad (8)$$

Из последнего соотношения видно, что для рассматриваемого случая $\frac{q_{равн.}}{\alpha}$ едино для всех предприятий данного типа, так как $p_2 - p_1$ и $\varepsilon_1 - \varepsilon_2$ — константы. Положим $P_{равн.} = f_1(q_{равн.})$. Существует некоторое значение $P_{пор.}$ (пороговое), выше которого функция затрат не может подниматься, так как при этом предприятие разоряется.

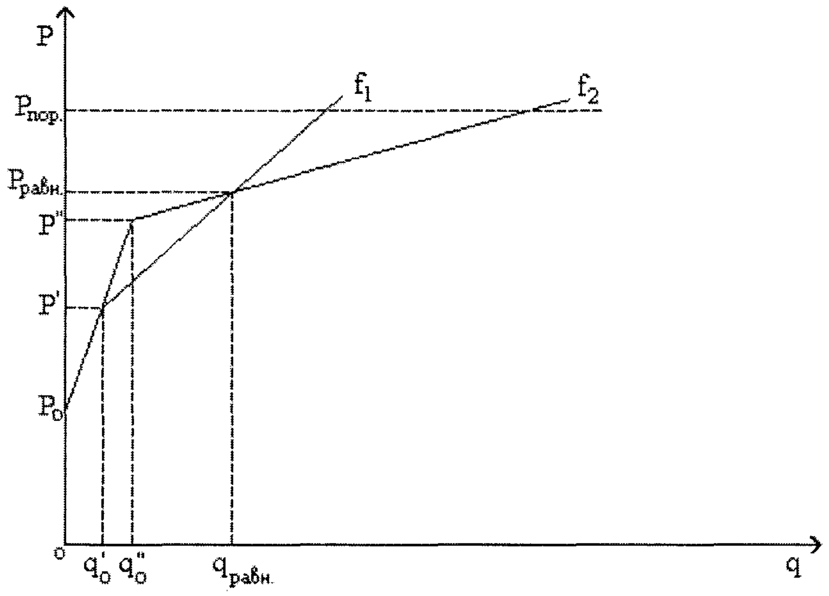

Рис. 4. Зависимость затрат предприятия от величины штрафа

С учетом введенных выше соотношений (1) — (8) разберем два случая.

1. $P_{пор.} \le P_{равн.}$ В этом случае независимо от величины штрафа вторую установку включать нецелесообразно ввиду того, что при больших штрафах предприятие разоряется, а при малых первая установка выгоднее. Заметим, что если $P_{пор.} \le P'$, то, изменяя штрафы, невозможно заставить предприятие включить ту или иную установку.

2. $P_{пор.} > P_{равн.}$ В этом случае, когда величина штрафа выше, чем $q_{равн.}$, вторая установка выгоднее.

2. Доля «хороших» предприятий и штраф

Выясним теперь, как зависит от величины штрафа доля производства «хороших» предприятий в общем производстве отрасли, обозначим ее как ρ. Под «хорошими» будем понимать такие предприятия, которые используют для очистки вторую установку, под «плохими», соответственно, такие, которые используют первую. Будем считать, что в силу дороговизны установок на предприятии может работать только одна установка. Предположим, что есть всего два предприятия: первое — «плохое», второе — «хорошее». Мы предполагаем, что эти предприятия «подобны», то есть, если все затраты первого предприятия при $q = 0$ обозначить через P_0, все вредные выбросы — через а при выключенных установках, через ε_1, ε_2 — выбросы при работающих первой и второй, соответственно, установках, а через $P_{пор.}$ — пороговое значение затрат, то те же величины для второго предприятия будут равны $k \cdot P_0$, $k \cdot \alpha$, $k \cdot \varepsilon_1$, $k \cdot \varepsilon_2$, $k \cdot P_{пор.}$ соответственно, где k — некоторое положительное число.

Теперь определим значение ρ. Обозначим через P_1, P_2 затраты предприятий, тогда

$$\rho(q) = \frac{k \cdot P_{пор.} - P_2(q)}{k \cdot P_{пор.} - P_2(q) + P_{пор.} - P_1(q)}\,. \tag{9}$$

Пороговые затраты ($P_{пор.}$ для первого и, соответственно, $k \cdot P_{пор.}$ — для второго предприятия) соизмеримы с доходом, так как предприятие разоряется, когда затраты равны доходу, следовательно, $\rho(q)$ приблизительно равно отношению прибыли второго предприятия к суммарной прибыли двух предприятий. Например, когда $q = 0$, имеем

$$\rho_0 = \rho(0) = \frac{kP_{пор.} - kP_0}{kP_{пор.} - kP_0 + P_{пор.} - P_0} = \frac{k}{k+}. \tag{10}$$

Будем предполагать, что $P_{пор.} > P_{равн.}$. Легко видеть, что для второго предприятия равновесное P равно $k \cdot P_{равн.}$. При $q \le q'_0$ с учетом (9) и (10) имеем

$$\rho(q) = \frac{kP_{пор.} - kP_0 - k\alpha q}{kP \quad - kP_0 - k\alpha q + P \quad - P_0 - \alpha q} = \frac{k}{k+1} = \rho(0), \tag{11}$$

что демонстрирует рис. 5 (участок кривой AB).

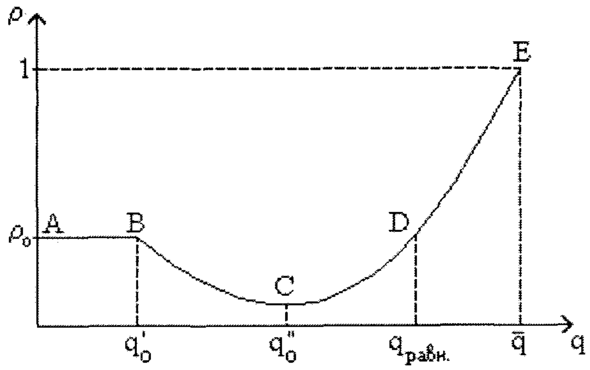

Рис. 5. Зависимость доли «хороших» предприятий ρ от величины штрафа q

Когда $q = q'_0$, первое предприятие («плохое») включает первую установку. Поэтому при $q'_0 \le q \le q''_0$

$$\rho(q) = \frac{k(P_{пор.} - P_0) - k\alpha q}{(k+1)(P_{пор.} - P_0) - \alpha p_1 - (k\alpha + \varepsilon_1)q}. \tag{12}$$

Нетрудно видеть, что поведение функции $\rho(q)$ на отрезке $[q'_0, q''_0]$ зависит от знака числа $\theta = \alpha^2 p_1 + (\varepsilon_1 - \alpha)(P_{пор.} - P_0)$ (достаточно найти производную функции $\rho(q)$). Если $\theta > 0$, то ρ возрастает, если $\theta < 0$, то ρ убывает, если $\theta = 0$, то $\rho = const$ на $[q'_0, q''_0]$. Покажем, что $\theta < 0$. Пусть $\bar{q}$ — критическое значение величины штрафа, когда прямая f_1 достигает порогового значения (рис. 5), то есть

$$\bar{q} = \frac{P_{пор.} - P_0 - \alpha p_1}{\varepsilon_1}. \tag{13}$$

В соответствии со сделанными предположениями $P_{пор.} > P_{равн.}$, а это означает, что если бы на предприятии не была бы включена ни первая, ни вторая установка, то затраты в этом случае раньше достигли бы порогового значения $P_{пор.}$, значит, $P_{пор} - P_0 < \alpha\bar{q}$, откуда следует, что $\theta < 0$. Итак, при наших предположениях $\rho(q)$ (9) — (12) убывает на отрезке $[q'_0, q''_0]$ (участок кривой BC, рис. 5).

В точке $q = q''_0$ второе предприятие включает вторую установку, что уменьшает его расходы, и, как нетрудно видеть, $\rho(q)$ начинает возрастать. В точке $q_{равн.}$ $\rho(q_{равн.}) = \frac{k}{k+1}$, то есть ρ достигает первоначального уровня (точка D, рис. 5). Очевидно, что ρ продолжает расти до значения $\bar{q}$ (13) (участок DE, рис. 5), где становится равным единице, так как первое предприятие разоряется (если «хорошее» предприятие не имеет ограничений по инвестициям). Если штрафы увеличивать и дальше, то разорится и второе, «хорошее» предприятие, чего допускать нельзя.

3. Рыночная цена на продукт и совокупная прибыль

Рассмотрим зависимость между рыночной ценой на продукт (C) и совокупной прибылью предприятий (S) (рис. 6, кривая K).

Если увеличивать цену, то сначала прибыль S растет до некоторого максимального значения S_{max} (цена при этом равна C_{max}), а затем начинает падать.

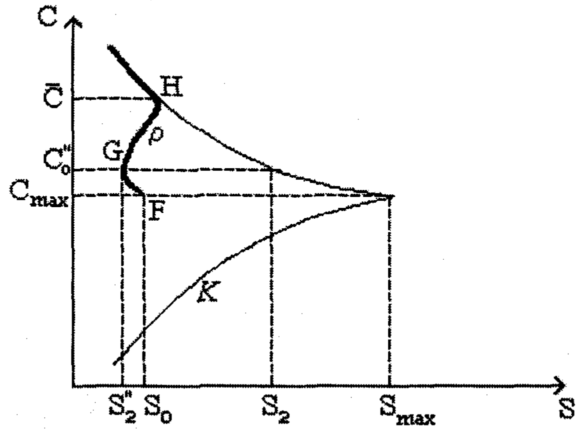

Рис. 6. Зависимость между рыночной ценой на продукт C и совокупной прибылью предприятий S

Кривая ρ (на рис. 6 — жирная линия) представляет собою зависимость прибыли второго («хорошего») предприятия от величины штрафа. Мы предполагаем, что когда $q = 0$, цена равна C_{max} и предприятия получают максимальную прибыль. Прибыль второго предприятия равна при этом S_0 (точка F, рис. 6). Ясно, что $\rho_0 = \rho(0) = \frac{S_0}{S_{max}}$. Когда растет q, растет также и цена C, а прибыль (общая, и «хорошего» предприятия) падает (участок кривой FG, рис. 6). При $q = q_0''$ ситуация меняется: затраты «хорошего» предприятия уменьшаются и поэтому доля его прибыли, то есть ρ, начинает расти: C_0'' — цена при $q = q_0''$, S_2'' — прибыль второго предприятия, а S_2 — совокупная прибыль; $\rho(q_0'') = \dfrac{S_2''}{S_2}$. Прибыль второго предприятия может уменьшиться, когда $q > q_0''$, что определяется темпами получения прибыли «хорошими» предприятиями. Точка H (рис. 6) соответствует моменту, когда $q = \bar{q}$; первое предприятие разоряется, и кривая ρ далее совпадает с кривой K (в случае быстрого захвата рынка). Когда $q = \bar{q}$ цена равна C.

4. Эффект «двойного дивиденда»

Проанализируем зависимость между штрафом k и доходом государственного бюджета $Q(k)$ в результате штрафования. Изучим возможность «двойных дивидендов» (одновременного сокращения загрязнения окружающей среды и увеличения бюджетных поступлений) при увеличении налога на загрязнение окружающей среды. Теме «двойных дивидендов» посвящено некоторое количество работ, при этом двойные дивиденды понимаются более широко — как сокращение загрязнения плюс улучшение некоторой характеристики, например увеличение занятости. О возможности таких двойных дивидендов идет речь в работе «Природоохранительные налоги: существует ли двойной дивиденд?» [3], где автор, анализируя многочисленные данные (и не строя математическую модель), делает вывод, что природоохранительный налог — существенный экономический механизм и один из наиболее дешевых путей перехода к более чистой окружающей среде; при этом пока еще не получили широкого распространения налоги, которые рассчитываются на единицу выбросов загрязняющих веществ (как раз этому виду штрафования посвящена данная глава); и обнаруживает весьма важный эффект: природоохранительный налог не всегда обеспечивает двойную выгоду — улучшение состояния окружающей среды и получения доходов государственным бюджетом. Математическая модель, которая приводится далее, в какой-то степени объяснит этот эффект.

Обозначим через $D(p)$ зависимость спроса D от цены p. Эта функция строго убывает. Предположим, что издержки предприятия f линейно зависят от количества выпускаемого продукта x (в действительности эта функция может быть нелинейной; часто в работах по экономике предполагают, что отдача от масштаба, то есть первая производная функции затрат, не убывает или не возрастает; мы же считаем, что она постоянна — это означает, что себестоимость продукции не зависит от количества произведенной продукции; эту модель следует рассматривать как первое приближение к реальности). Можно утверждать, что если k — штраф, которым облагается предприятие, то его затраты описываются выражением:

$$f(x) = K + (C + k)x. \tag{14}$$

Штраф, таким образом, пропорционален объему загрязнения, который (как мы допускаем для простоты) пропорционален выпуску. Если используется очистительная установка, характеризующаяся тремя параметрами: ценой Θ, стоимостью очистки ξ и параметром S, обозначающим степень переработки выбросов, то функция издержек имеет вид:

$$f(x) = K + \Theta + (C + \xi + \frac{k}{S}). \tag{15}$$

Полагая $x = D(p)$, находим прибыль фирмы Pr, зависящую от штрафа k и цены p:

$$\Pr(k, p) = D(p)p - f(D(p)). \tag{16}$$

Пусть предприятие является монополистом и может назначить на свой продукт ту цену, при которой имеет максимальную прибыль. Тогда

$$\Pr(k) = \max_p \Pr(k, p). \tag{17}$$

Положим $p(k)$ — значение p, при котором $\Pr(k, p)$ достигает максимума:

$$p(k) = \arg\max_p \Pr(k, p). \tag{18}$$

Обозначим через $\Pr_1(k)$ прибыль предприятия в том случае, когда не производится очистка отходов, то есть когда функция затрат имеет вид (14), и через $\Pr_2(k)$, если используется очистительная установка, то есть затраты описываются выражением (15). Аналогично, $x_1(k)$ и $x_2(k)$, $p_1(k)$ и $p_2(k)$ – производство и цена продукта в зависимости от того, есть установка или нет. При данном значении штрафа k реальная прибыль предприятия $\Pr(k)$ будет равна $\Pr_2(k)$, если $\Pr_2(k) > \Pr_1(k)$ (очистительная установка используется), и $\Pr(k) = \Pr_1(k)$ в противном случае (очистительной установки нет).

$$\Pr(k) = \max\{\Pr_1(k), \Pr_2(k)\}. \tag{19}$$

Количество произведенного продукта $x_1(k)$ и $x_2(k)$ можно найти по формуле:

$$x_i(k) = D(p_i(k)),\ i = 1,2. \tag{20}$$

Если $\Pr_2(k) > \Pr_1(k)$, то $x(k)$ – реальное производство – равно $x_2(k)$ и $x(k)=x_1(k)$. В противном случае:

$$x(k) = \begin{cases} x_1(k) & \text{если } \Pr_1(k) \geq \Pr_2(k) \\ x_2(k) & \text{если } \Pr_1(k) < \Pr_2(k). \end{cases} \tag{21}$$

Региональная власть, заботящаяся об экологической обстановке в области, естественно, должна стремиться к тому, чтобы назначить такой штраф k, при котором $\Pr_2(k) > \Pr_1(k)$, то есть предприятию выгодно использовать очистительную установку. Мы будем исходить из того, что власть заинтересована в том, чтобы собрать как можно больше налогов, чтобы в дальнейшем иметь возможность больший объем средств тратить на рекреационные (восстановительные) работы (борьба с эрозией почв, лесовосстановление и др.). Поэтому оптимальным решением для государства является такой выбор штрафа k, при котором, с одной стороны, выполняется соотношение $\Pr_2(k) > \Pr_1(k)$, а с другой – поступления в бюджет, которые мы обозначим через $Q(k)$, достигают максимального значения.

Функция $Q(k)$ имеет вид:

$$Q(k) = \begin{cases} kx_1(k) & \text{если } \Pr_1(k) \geq \Pr_2(k) \\ \dfrac{kx_2(k)}{S} & \text{если } \Pr_1(k) < \Pr_2(k). \end{cases} \tag{22}$$

Исследуем ее. В общем случае это сделать невозможно, поэтому предположим (для простоты), что спрос имеет постоянную эластичность $\delta > 1$, $D(p) = Ap^{-\delta}$, $A > 0$. Пусть затраты предприятия описываются выражением $f(x) = a + (b + ck)x$ (формулы (13) и (14) являются частными случаями), и найдем $p(k)$, $x(k)$, $Pr(k)$.

$$p(k) = \frac{\delta}{\delta - 1}(b + ck). \tag{23}$$

$$x(k) = A\frac{(\delta - 1)^{\delta}}{\delta^{\delta}}(b + ck)^{-\delta}. \tag{24}$$

$$\Pr(k) = A\frac{(\delta - 1)^{\delta - 1}}{\delta^{\delta}}(b + ck)^{1-\delta} - a. \tag{25}$$

Имеем, $a = K$, $b = C$, $c = 1$, если нет очистительной установки, и $a = K + \Theta$, $b = C + \text{x}$, $c = 1/S$, если есть.

Функция $k \cdot x(k)$ (при любых положительных параметрах a, b и c) в нуле равна нулю; стремится к нулю при $k \to +\infty$ и имеет ровно один экстремум – максимум в точке $k_0 = \dfrac{b}{c(\delta - 1)}$; ее график изображен на рис. 7.

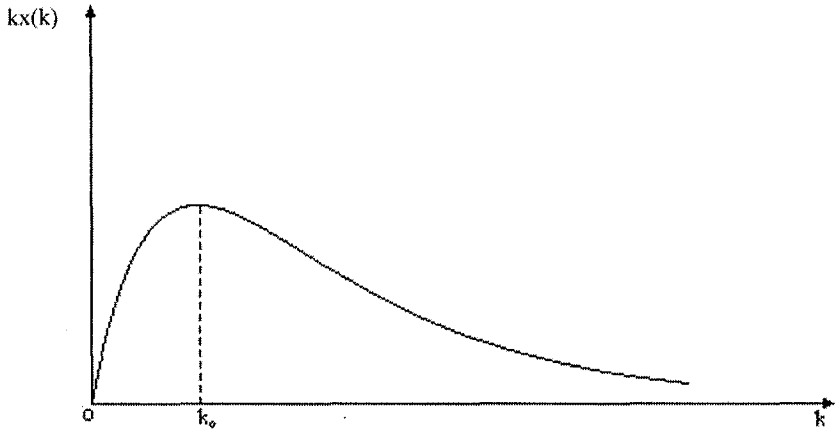

Рис. 7. Поведение функции $k \cdot x(k)$ на положительной полуоси

Функции $\Pr_1(k)$ и $\Pr_2(k)$ строго убывают при $k \geq 0$. Естественно предполагать, что $\Pr_1(0) > 0$ и $\Pr_2(0) > 0$, то есть когда штраф равен нулю, прибыль предприятия положительна независимо от того, производится очистка или нет. Допустим, что существует такое положительное значение штрафа k_{min}, что при $k \leq k_{\min}$ $\Pr_1(k) \geq \Pr_2(k)$, а при $k \geq k_{\min}$ $\Pr_1(k) \leq \Pr_2(k)$. То есть когда штраф достаточно велик (больше чем k_{min}), предприятию выгодно использовать очистительную установку.

Это условие выполняется очень часто, но не всегда. Обозначим через k_{lim} единственный корень функции $\Pr_2(k)$ — это значение штрафа, при котором предприятие имеет нулевую прибыль и разоряется; будем считать, что $k_{min} < k_{lim}$ и, значит, существует такое значение k, что $\Pr_2(k) > 0$ и $\Pr_2(k) > \Pr_1(k)$. Функция $Q(k)$ дифференцируема во всех точках положительной полуоси за исключением k_{min} и может иметь не более двух локальных максимумов k_1 и k_2, которые как было показано, можно найти по формулам:

$$k_1 = \frac{C}{\delta - 1}, \tag{26}$$

$$k_2 = \frac{S(C+\xi)}{\delta - 1}. \tag{27}$$

Поведение функции $Q(k)$ определяется взаимным расположением на оси Ok четырех чисел: k_1 k_2, k_{min} и k_{lim}. Наиболее интересен случай, когда

$$k_1 < k_{min} < k_2 < k_{lim}. \tag{28}$$

В этом случае график функции $Q(k)$ имеет вид (рис. 8):

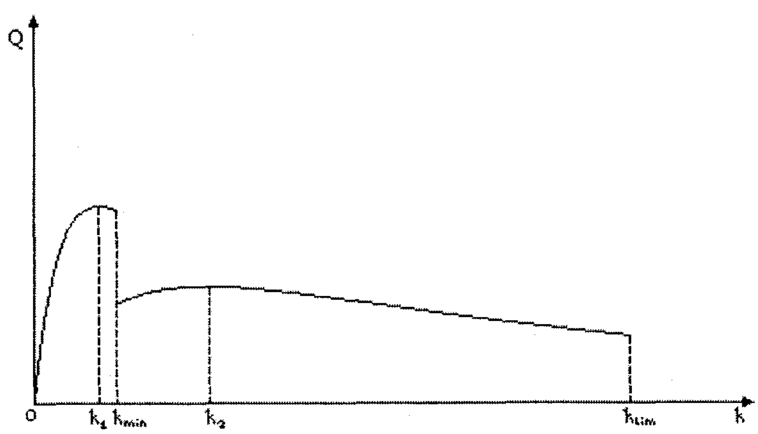

Рис. 8. График функции $Q(k)$

От разрыва в точке k_{min} у функции $Q(k)$ можно избавиться следующим образом: предположим, что предприятие при любом значении штрафа с какой-то неотрицательной вероятностью использует установку (например, если штраф k меньше k_{min} и лежит вне некоторой фиксированной ε - окрестности k_{min}, то вероятность использования установки равна нулю; если k больше, чем k_{min} и лежит вне ε -окрестности, то с вероятностью 1 предприятие будет очищать выбросы, а внутри е -окрестности вероятность $p(k)$ гладко и монотонно возрастает от нуля до единицы), тогда, определив $Q(k)$ как средний ожидаемый доход государства

$$Q(k) = (1 - p(k)\, x_1(k)k + p(k)x_2(k)k/S,$$

мы получим гладкую функцию.

Сравним поступления в бюджет государства при условии, что назначен штраф k_1 (и при этом предприятие не производит очистку выбросов, так как это ему невыгодно) и если назначен штраф k_2 (предприятию выгодно приобрести и запустить очистительную установку):

$$Q(k_1) = k_1 \cdot x_1(k_1) = A\frac{(\delta-1)^{2\delta-1}}{\delta^{2\delta}}C^{1-\delta}, \tag{29}$$

$$Q(k_2) = \frac{k_2 x_2(k_2)}{S} = A\frac{(\delta-1)^{2\delta-1}}{\delta^{2\delta}}(C+\xi)^{1-\delta}. \tag{30}$$

$Q(k_1) > Q(k_2)$, так как $\xi > 0$ (очистка стоит денег) и $\delta > 1$ по предположению. Таким образом, природоохранительный налог не всегда обеспечивает двойную выгоду: улучшение состояния окружающей среды и получение (максимально возможных) доходов государственным бюджетом, о чем уже говорилось в начале этого пункта. Эффект, обнаруженный автором статьи [3], получил свое объяснение.

Можно утверждать, что штраф k_2 оптимален для государства, так как он вынуждает предприятие использовать очистительную установку и приносит при этом максимально возможную (в данной ситуации) прибыль в бюджет.

Заключение

Как показывает приведенный анализ, увеличение штрафов за загрязнение окружающей среды приводит к качественному изменению состояния, как самой промышленности, так и уровня загрязнения. Существует некоторое пороговое значение ($q_{равн.}$), превышение которого вынуждает предприятия использовать более совершенные очистительные установки.

Зависимость доходов государства от величины штрафа представляет собой функцию с несколькими локальными экстремумами, соответствующими различным очистительным установкам. При этом экстремум функции тем меньше, чем качественнее (и, соответственно, дороже) очистительная установка. Последнее означает, что государство, как правило, не может рассчитывать на получение «двойного дивиденда» — максимально возможного пополнения бюджета (за счет штрафования) при одновременном улучшении состояния окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красс Д.И. Негативные эффекты при оптимальном выборе уровня штрафов за загрязнение окружающей среды / Д.И. Красс, Т.Л. Недорезов, Р.Г. Хлебопрос – Новосибирск: Изд. центр ОИИ СО РАН, 2000. – 32 с.

2. Хлебопрос Р.Г. Природа и общество: модели катастроф / Р.Г. Хлебопрос , А.И. Фет. – Новосибирск: Сибирский хронограф, 1999. – 344 с.

3. Morgenstern R. Environmental taxes: is there a double dividend? / Morgenstern R. // Environmental, 1996, 38, N 3. – P. 16-20, 32-34.