

УДК 519.8

ББК 22.18

**РАЗДЕЛЯЮЩИЕ И
ОБЪЕДИНЯЮЩИЕ
СТИМУЛИРУЮЩИЕ МЕХАНИЗМЫ
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ (СЛУЧАИ
ПРОМЫШЛЕННО РАЗВИТЫХ И
РАЗВИВАЮЩИХСЯ СТРАН)***

ВЛАДИМИР Д. МАТВЕЕНКО

Учреждение Российской академии наук
Санкт-Петербургский экономико-математический
институт РАН

191187, Санкт-Петербург, ул. Чайковского, д. 1
e-mail: matveenko@emi.nw.ru

АЛЕКСЕЙ В. КОРОЛЕВ

Санкт-Петербургский филиал
Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики»

190121, Санкт-Петербург, ул. Союза Печатников, д. 16
e-mail: danitschi@mail.ru

©2011 В.Д. Матвеевко, А.В. Королев

* Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных исследований Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» в 2011 году.

Исследуется модель теории контрактов, в которой целевые функции регулирующего органа и фирм двух типов включают экологические переменные. Показано, что выбор способа работы механизма регулирования, объединяющий или разделяющий, зависит как от политических условий, т.е. какого типа регуляторы назначают механизм и контракты, так и от экономических условий, а именно, различие между «грязными» и «зелеными» фирмами по эффективности и степень их распространенности в экономике. При небольшом отличии значений параметра, характеризующего тип фирмы, оказывается, что, если использование «грязных» технологий повышает рентабельность фирм, а доля «грязных» фирм в экономике велика, что представляется типичным для многих развивающихся и переходных экономик, то чаще выбирается объединяющий, т.е., в определенном смысле, нерыночный контрактный механизм. При условиях, которые представляются типичными для промышленно развитых стран, когда относительно эффективны «зеленые» фирмы, чаще можно ожидать выбора разделяющего, в большей степени рыночного, механизма.

Ключевые слова: равновесие, уровень загрязнения, экологическое регулирование, меню контрактов, объединяющий механизм, разделяющий механизм.

1. Введение

Важную часть глобальной задачи стабилизации окружающей среды составляет обеспечение эффективного экологического регулирования в странах с переходной и развивающейся экономикой, где постепенно сосредотачивается значительная часть мирового промышленного производства. В 2004 г. доля семи основных «новых» экономик, т. е. Китая, Индии, Бразилии, России, Мексики, Индонезии, Турции в глобальной эмиссии двуокиси углерода составляла 32.1%, а согласно прогнозам, построенным с помощью сценарного подхода, она возрастет до 42.6% в 2025 г. и до 49% в 2050 г. [3]. Согласно [2], крупнейшими в мире экспортёрами товаров, производство которых связано с загрязнением атмосферы, в настоящее время являются Китай, Россия, страны Ближнего Востока, страны Южной Африки, Украина, Индия, Малайзия, Таиланд, Тайвань, Венесуэла.

Уровни загрязнения в странах мира зависят от многих факторов, в том числе демографических, связанных с изменением возрастной структуры населения и уменьшением размера семьи в результате урбанизации. При анализе этих факторов исследователи не приходят пока к определенным результатам [5].

В данной статье мы сосредоточиваемся лишь на вопросах экологически мотивированного экономического регулирования и ограничиваемся теоретическим анализом.

Исследователи обычно объясняют скромные результаты экономической политики в России и других переходных экономиках, и, в частности, экологической политики, наличием «унаследованных» способов поведения и институтов, а также конфликтами между новыми формальными и старыми неформальными институтами. Однако, имеется и иная возможность: «новые» экономики обладают чисто экономическими особенностями, которые ведут к серьезным отличиям в работе тех институциональных механизмов, которые хорошо проявили себя в промышленно развитых странах.

Если в промышленно развитых странах те же самые фирмы, которые наносят наименьший ущерб окружающей среде, являются одновременно и наиболее эффективными в смысле рентабельности, то во многих развивающихся и переходных экономиках, наоборот, многие фирмы могут получить немалую экономическую выгоду за счет прямого или косвенного загрязнения окружающей среды.

Лаффон [4] исследовал модель экологического регулирования, которая достаточно точно соответствует экономической ситуации в промышленно развитых странах. В этой модели рассматриваются фирмы-монополисты, которые имеют функции издержек вида

$$C(\theta, d) = \theta(K - d),$$

где $K > 0$ – некоторая общая для всех фирм константа, $\theta > 0$ – характеристика затрат, являющаяся частной информацией фирмы, т. е. тип фирмы, $d > 0$ – уровень загрязнения допустимый для фирмы данного типа, выбираемый фирмой из предложенного регулятором меню контрактов или однозначно устанавливаемый регулятором. Как видно из формулы, при наличии двух типов фирм, $\underline{\theta} < \bar{\theta}$, если имеется возможность увеличить уровень загрязнения d , фирма ти-

па $\underline{\theta}$, ее можно интерпретировать как «зеленую», получает меньшее снижение издержек, нежели фирма типа $\bar{\theta}$, т. е. «грязная».

Регулирующий орган, имеющий информацию об издержках типов фирм и о доле (частоте) их в экономике, но не имеющий информации о типе конкретной фирмы, назначает либо единый контракт, либо меню контрактов $M = \{(\underline{t}, \underline{d}), (\bar{t}, \bar{d})\}$, где \underline{t}, \bar{t} – размеры трансфертов, \underline{d}, \bar{d} – допустимые уровни загрязнения, из которого фирма выбирает оптимальный для себя контракт. В первом случае говорят, что используется *объединяющий* механизм, во втором случае говорят, что используется *разделяющий* механизм. Это стандартная терминология теории контрактов.

В модели Лаффона фирма типа $\underline{\theta}$ является экономически эффективной и получает информационную ренту; происхождение последней связано с тем, что, при определенных условиях, фирма может «притвориться», что относится к другому типу.

Рассматривалось три типа регулятора, различающиеся целевыми функциями: общественный максимизатор, незаинтересованные стороны и заинтересованные стороны, причем наиболее эффективным регулятором с точки зрения снижения уровней загрязнения оказались заинтересованные стороны.

Матвеевко [1] предложил более общую модель с функцией издержек

$$C(\theta, d) = \kappa(\theta) - \theta d, \quad (1.1)$$

где $\kappa(\theta) > 0$. Если имеется два типа фирм, $\underline{\theta} < \bar{\theta}$, то *показателем относительной экономической эффективности* оказывается естественным назвать величину

$$\tilde{K} = \frac{\kappa(\bar{\theta}) - \kappa(\underline{\theta})}{\Delta\theta},$$

где $\Delta\theta = \bar{\theta} - \underline{\theta}$. Величина \tilde{K} может снижаться, соответственно, относительная эффективность «грязной» фирмы может возрастать как за счет увеличения дифференциала $\Delta\theta$, о чем уже сказано выше, так и за счет снижения величины $\kappa(\bar{\theta})$, которую можно интерпретировать как инвестиции в качество продукта, например, затраты на НИОКР и модернизацию. Допускаются отрицательные значения \tilde{K} . Оказалось, что при «малых» значениях \tilde{K} получателем ренты оказывается фирма типа $\bar{\theta}$, т. е. «грязная», а при «высоких» значениях \tilde{K} –

фирма типа $\underline{\theta}$, т. е. «зеленая». При «промежуточных» значениях \tilde{K} , ни один из типов фирм не способен захватить ренту. Понятия «малого» и «высокого» \tilde{K} уточняются в зависимости от того, регулятор какого типа находится у власти и формирует меню контрактов.

В характерном для развивающихся и переходных экономик случае, когда относительно велика доля (частота) фирм, получающих выгоду от загрязнения, и последние относительно эффективны (\tilde{K} «мало»), заинтересованные стороны, находясь у власти, допускают чрезвычайно высокий уровень загрязнения для фирм типа $\underline{\theta}$; более того, при этом используется не разделяющий механизм со свободным выбором из меню контрактов, а объединяющий механизм – назначение единого контракта. Это означает, за рамками модели, более высокую степень вмешательства государства в экономику и более тесные отношения регулятора и фирм, которые могут вести к более высокой степени коррупции. Все это имеет место при тех же «стандартных» институтах, которые относительно успешно решают задачу экологического регулирования в промышленно развитых странах, где экономические условия иные, \tilde{K} «высоко».

В настоящей работе продолжается исследование модели [1] и основное внимание уделяется вопросу о том, какой вид механизма, объединяющий или разделяющий, будет выбран при различных политических и экономических условиях. Исследование проводится в предположение малого $\Delta\theta$. Рассматривается несколько ситуаций:

(а) вид механизма определяет общество, тогда как решение в рамках данного механизма принимает регулятор, другими словами, заинтересованные или незаинтересованные стороны,

(б) как вид механизма, так и решение об уровнях загрязнения принимает регулятор.

Мы показываем, что при условиях, которые представляются типичными для развивающихся и переходных экономик, а именно, «грязные» фирмы относительно эффективны, а доля их в экономике высока, в большей степени следует ожидать назначения объединяющего, т. е. нерыночного, механизма.

В разделе 2 дается описание модели. В разделе 3 найдены равновесные уровни загрязнения в различных случаях. В разделе 4 проводится сравнение разделяющего и объединяющего механизмов. Раз-

дел 5 – заключение.

2. Базовая модель

Пусть выполнение проекта, имеющего общественную ценность S , осуществляет фирма, которая несет чистые издержки (1.1), где $\kappa(\cdot) > 0$, d – уровень загрязнения, разрешенный фирме, θ – характеристика затрат, являющаяся частной информацией фирмы (тип фирмы), причем θ принимает два значения: $\underline{\theta}$ с вероятностью ν и $\bar{\theta}$ с вероятностью $(1 - \nu)$, и $\underline{\theta} < \bar{\theta}$.

Обозначим через t чистый трансферт, получаемый фирмой. При $t > 0$ это действительно трансферт фирме, а при $t < 0$ величина $(-t)$ представляет собой налог, выплачиваемый фирмой. Рента, получаемая фирмой, составляет

$$U = t - C(\theta, d).$$

Мы допускаем возможность $C(\theta, d) < 0$, т. е. получения фирмой чистой прибыли (можно для простоты считать, что чистая прибыль возникает за счет экспортной деятельности, т. е. не ложится на плечи потребителей). Чтобы фирма выполнила проект, должно быть $U \geq 0$. (В теории контрактов такое условие известно как *индивидуальная рациональность*, IR).

Социальная оценка вреда загрязнения составляет $V(d)$, причем $V'(\cdot) > 0$, $V''(\cdot) > 0$. Благосостояние потребителей равно

$$S - V(d) - (1 + \lambda)t.$$

В [4] параметр λ интерпретируется как общественные издержки на единицу трансферта. Мы, допуская и возможность налога на фирмы, трактуем $1 + \lambda$ более широко, как коэффициент отдачи, который характеризует выгоду использования в других проектах средств, которые общество теряет в форме трансферта или, наоборот, получает в виде налога с фирм. Считаем, что $\lambda > 0$ – постоянная; переход к предположению, что λ – случайная величина, не изменит характер результатов.

Общественное благосостояние складывается из благосостояния потребителей и ренты:

$$S - V(d) - (1 + \lambda)t + U = S - V(d) - (1 + \lambda)(\kappa(\theta) - \theta d) - \lambda U.$$

При полной информации, максимизация общественного благосостояния приводит к нулевой ренте, и для фирм типов $\underline{\theta}$ и $\bar{\theta}$, соответственно, назначаются уровни загрязнения \underline{d}^* , \bar{d}^* такие, что

$$\begin{aligned} V'(\underline{d}^*) &= (1 + \lambda)\underline{\theta}, \\ V'(\bar{d}^*) &= (1 + \lambda)\bar{\theta}. \end{aligned} \quad (2.1)$$

При неполной информации, когда тип фирмы не известен регулятору, если действует *разделяющий регулирующий механизм*, регулятор предлагает фирме меню контрактов

$$M = (\underline{t}, \underline{d}), (\bar{t}, \bar{d}),$$

удовлетворяющее условиям *совместимости стимулов* (*incentive compatibility, IC*), смысл которых в том, что ни одной фирме при выборе контракта не выгодно «притворяться» фирмой другого типа

$$\underline{t} - C(\underline{\theta}, \underline{d}) \geq \bar{t} - C(\underline{\theta}, \bar{d}),$$

$$\bar{t} - C(\bar{\theta}, \bar{d}) \geq \underline{t} - C(\bar{\theta}, \underline{d}),$$

а также упоминавшимся уже условиям IR

$$\underline{t} - C(\underline{\theta}, \underline{d}) \geq 0,$$

$$\bar{t} - C(\bar{\theta}, \bar{d}) \geq 0.$$

Кроме того, меню контрактов M максимизирует целевую функцию регулятора, в которую трансферты входят со знаком минус, т. е. регулятор, при прочих равных условиях, заинтересован в сокращении трансфертов. В [1] доказано, что удовлетворяющие условиям IC и IR оптимальные меню контрактов обладают такими свойствами:

1) необходимым и достаточным условием получения ренты фирмой типа $\underline{\theta}$ является выполнение неравенства $\tilde{K} > \bar{d}$ (случай «большого» \tilde{K});

2) необходимым и достаточным условием получения ренты фирмой типа $\bar{\theta}$ является выполнение неравенства $\tilde{K} < \underline{d}$ (случай «малого» \tilde{K});

3) если $\underline{d} \leq \tilde{K} \leq \bar{d}$ (случай «промежуточного» \tilde{K}), то ни один из типов фирм не может получить ренты.

В случае «большого» \tilde{K} фирма типа $\bar{\theta}$ не получает ренты, а рента, которую получает фирма типа $\underline{\theta}$, равна

$$\underline{U} = \bar{t} - C(\underline{\theta}, \bar{d}) = \Delta\theta(\tilde{K} - \bar{d}).$$

В случае «малого» \tilde{K} фирма типа $\underline{\theta}$ не получает ренты, а фирма типа $\bar{\theta}$ получает ренту

$$\bar{U} = \underline{t} - C(\bar{\theta}, \underline{d}) = \Delta\theta(\underline{d} - \tilde{K}).$$

Таким образом, рента зависит от уровня загрязнения другого (не получающего ренту) типа фирм, но зависимость при «большом» \tilde{K} – отрицательная, а при «малом» \tilde{K} – положительная. Этот факт, в основном, и определяет существенное различие в уровнях загрязнения, которые назначают заинтересованные стороны, находясь у власти, при различных экономических условиях.

Будем считать, что у власти с вероятностью p находятся заинтересованные в получении ренты стороны, а с вероятностью $1 - p$ – незаинтересованные, и что всегда стороны, находящиеся у власти, получают часть $\alpha^* > 1/2$ благосостояния потребителей. Аналогичное допущение в [4] мотивируется предположением, что, в условиях демократии, к власти приходит большинство населения, причем всегда большинство составляет α^* . Применительно к типу регулятора мы сохраняем в статье термины [4]: *незаинтересованное большинство* или *большинство-1*, когда речь идет о незаинтересованных сторонах у власти, и *заинтересованное большинство* или *большинство-2*, когда речь идет о заинтересованных сторонах у власти. Для нас это лишь наименования типов регулятора.

3. Решение регулирующего органа

В этом разделе мы указываем равновесные уровни загрязнения, которые включаются в меню контрактов (в случае, когда регулятор использует разделяющий механизм) или назначаются однозначно (если регулятор использует объединяющий механизм). Знание этих уровней загрязнения потребуется нам в разделе 4 при сравнении разделяющего и объединяющего механизмов.

3.1. Разделяющий механизм

3.1.1. Решение принимает незаинтересованное большинство

Пусть ренту получает фирма типа $\bar{\theta}$ (случай «малого» \tilde{K}). Целевая функция большинства-1 принимает вид

$$\alpha^* \mathbb{E}[S - V(d) - (1 + \lambda)t] = \alpha^* [\nu(S - V(\underline{d}) - (1 + \lambda)(\kappa(\underline{\theta}) - \underline{\theta d})) + (1 - \nu)(S - V(\bar{d}) - (1 + \lambda)(-\bar{\theta}\bar{d} + \kappa(\underline{\theta}) + \Delta\theta\underline{d}))]. \quad (3.1)$$

Максимизируя эту функцию, большинство-1 включает в меню контрактов уровень загрязнения \bar{d}^* и уровень \underline{d}_1 , удовлетворяющий уравнению

$$V'(\underline{d}_1) = (1 + \lambda)\underline{\theta} - (1 + \lambda)\frac{1 - \nu}{\nu}\Delta\theta. \quad (3.2)$$

Найденное меню контрактов допустимо лишь при $\tilde{K} < \bar{d}_1$. В этом и состоит условие, определяющее в данном случае понятие «малого» \tilde{K} .

Пусть ренту получает фирма типа $\underline{\theta}$ (случай «большого» \tilde{K}). Аналогично, большинство-1 включает в меню уровни загрязнения \underline{d}^* и \bar{d}_1 , где

$$V'(\bar{d}_1) = (1 + \lambda)\bar{\theta} + (1 + \lambda)\frac{\nu}{1 - \nu}\Delta\theta. \quad (3.3)$$

Для допустимости меню контрактов, должно выполняться неравенство $\tilde{K} > \bar{d}_1$ (это идентификатор «большого» \tilde{K}).

В случае, когда ни один из типов фирм не получает ренты (случай «промежуточного» \tilde{K}), при $\underline{d}^* \leq \tilde{K} \leq \bar{d}^*$ оптимальным является меню контрактов с уровнями загрязнения \underline{d}^* , \bar{d}^* . При $\underline{d}^* \leq \tilde{K} \leq \bar{d}_1$ в меню контрактов войдут уровни загрязнения $\underline{d} = \underline{d}^*$, $\bar{d} = \tilde{K}$. При $\underline{d}_1 \leq \tilde{K} \leq \underline{d}^*$ будут использоваться уровни загрязнения $\underline{d} = \tilde{K}$, $\bar{d} = \bar{d}^*$.

3.1.2. Решение принимает заинтересованное большинство

Если ренту получает фирма типа $\bar{\theta}$ (случай «малого» \tilde{K}), то целевая функция большинства-2 имеет вид

$$\alpha^* \nu[S - V(\underline{d}) - (1 + \lambda)(\kappa(\underline{\theta} - \underline{\theta d})) + (1 - \nu)(S - V(\bar{d}) - (1 + \lambda)(\kappa(\bar{\theta}) - \bar{\theta}\bar{d}) - (1 + \lambda - 1/\alpha^*)(\kappa(\underline{\theta}) - \kappa(\bar{\theta}) + \Delta\theta\underline{d}))]. \quad (3.4)$$

Максимизация дает уровень загрязнения \bar{d}^* и уровень \underline{d}_2 , удовлетворяющий уравнению

$$V'(\underline{d}_2) = (1 + \lambda)\underline{\theta} - \left(1 + \lambda - \frac{1}{\alpha^*}\right) \frac{1 - \nu}{\nu} \Delta\theta. \quad (3.5)$$

Такое меню контрактов допустимо лишь при $\tilde{K} < \underline{d}_2$. Еще одно условие допустимости – это ограничение на параметры модели

$$1 + \lambda > \frac{1 - \nu}{\alpha^*}$$

(это неравенство равносильно тому, что $\underline{d}_2 < \bar{d}^*$).

Если ренту получает фирма типа $\underline{\theta}$ (случай «большого» \tilde{K}), то, аналогично, большинство-2 выбирает уровень загрязнения \underline{d}^* и такой уровень \bar{d}_2 , что

$$V'(\bar{d}_2) = (1 + \lambda)\underline{\theta} - \left(1 + \lambda - \frac{1}{\alpha^*}\right) \frac{\nu}{1 - \nu} \Delta\theta. \quad (3.6)$$

Для допустимости требуется, чтобы выполнялось неравенство $\tilde{K} > \bar{d}_2$. Кроме того, должно выполняться условие на параметры

$$1 + \lambda > \frac{\nu}{\alpha^*}$$

(что равносильно $\underline{d}^* < \bar{d}_2$).

Если ни один из типов фирм не получает ренты (случай «промежуточного» \tilde{K}), и

$$1 + \lambda > \frac{1}{\alpha^*},$$

то при $\underline{d}^* \leq \tilde{K} \leq \bar{d}^*$ оптимальным является меню контрактов с уровнями загрязнения \underline{d}^* , \bar{d}^* , при $\bar{d}^* < \tilde{K} \leq \bar{d}_2$, в меню контрактов войдут уровни загрязнения $\underline{d} = \underline{d}^*$, $\bar{d} = \tilde{K}$, а при $\underline{d}_2 \leq \tilde{K} < \underline{d}^*$ будут использоваться уровни загрязнения $\underline{d} = \tilde{K}$, $\bar{d} = \bar{d}^*$.

Если величина $1 + \lambda - 1/\alpha^*$ отрицательна, но не слишком велика по абсолютной величине, так что

$$\underline{d}^* < \underline{d}_2 < \bar{d}_2 < \bar{d}^*,$$

то при $\underline{d}_2 \leq \tilde{K} \leq \bar{d}_2$ регулятор включает в меню контрактов уровни загрязнения \underline{d}^* и \bar{d}^* .

3.2. Объединяющий механизм

При определенных условиях (см. раздел 4), регулятору выгодно использовать объединяющий механизм вместо разделяющего меню контрактов. Это может служить объяснением сравнительно малого распространения рыночных механизмов регулирования в развивающихся и переходных экономиках, по сравнению с промышленно развитыми странами.

При *объединяющем регулирующем механизме*, регулятор предлагает лишь один (общий для всех фирм) контракт (t, d) . Условия IC теперь не имеют смысла, но должны выполняться условия IR и, таким образом,

$$t = \max\{C(\underline{\theta}, d), C(\bar{\theta}, d)\}.$$

Ренту $U = t - C(\theta, d)$ получит тот тип фирм, у которого издержки меньше. При $\tilde{K} < d$ ренту получит фирма типа $\bar{\theta}$, а при $\tilde{K} > d$ — фирма типа $\underline{\theta}$, причем в обоих случаях рента равна $|\tilde{K} - d|\Delta\theta$. Рента отсутствует в единственном случае, когда $\tilde{K} = d$.

3.2.1. Решение принимает незаинтересованное большинство

В случае «малого» \tilde{K} , когда ренту получает фирма типа $\bar{\theta}$, большинство-1 максимизирует функцию

$$\alpha^*[S - V(d) - (1 + \lambda)\mathbb{E}(\kappa(\theta) - \theta d) - (1 - \nu)(1 + \lambda)(\kappa(\bar{\theta}) - \kappa(\underline{\theta}) + \Delta\theta d)], \quad (3.7)$$

решением служит $d_1^s = \underline{d}^*$. «Малость» \tilde{K} понимается как $\tilde{K} < \underline{d}^*$.

В случае «большого» \tilde{K} , когда ренту получает фирма типа $\underline{\theta}$, большинство-1 максимизирует функцию

$$\alpha^*[S - V(d) - (1 + \lambda)\mathbb{E}(\kappa(\theta) - \theta d) - \nu(1 + \lambda)(\kappa(\bar{\theta}) - \kappa(\underline{\theta}) + \Delta\theta d)],$$

решением служит $d_1^h = \bar{d}^*$. «Большое» \tilde{K} означает $\tilde{K} > \bar{d}^*$.

3.2.2. Решение принимает заинтересованное большинство

В случае «малого» \tilde{K} , когда ренту получает фирма типа $\bar{\theta}$, большинство-2 максимизирует функцию

$$\alpha^*[S - V(d) - (1 + \lambda)\mathbb{E}(\kappa(\theta) - \theta d) - (1 - \nu)\left(1 + \lambda - \frac{1}{\alpha^*}\right)(\kappa(\underline{\theta}) - \kappa(\bar{\theta}) + \Delta\theta d)] \quad (3.8)$$

и назначает уровень загрязнения d_2^s такой, что

$$\begin{aligned} V'(d_2^s) &= (1 + \lambda)[\nu\underline{\theta} + (1 - \nu)\bar{\theta}] - (1 - \nu) \left(1 + \lambda - \frac{1}{\alpha^*}\right) \Delta\theta = \\ &= (1 + \lambda)\underline{\theta} + \frac{1}{\alpha^*}(1 - \nu)\Delta\theta. \end{aligned} \quad (3.9)$$

«Малое» \tilde{K} означает $\tilde{K} < d_2^s$.

В случае «большого» \tilde{K} , когда ренту получает фирма типа $\underline{\theta}$, большинство-2 максимизирует функцию

$$\alpha^*[S - V(d) - (1 + \lambda)\mathbb{E}(\kappa(\theta) - \theta d) - \nu \left(1 + \lambda - \frac{1}{\alpha^*}\right) (\kappa(\bar{\theta}) - \kappa(\underline{\theta}) - \Delta\theta d)],$$

и назначает уровень загрязнения d_2^h такой, что

$$V'(d_2^h) = (1 + \lambda)[\nu\underline{\theta} + (1 - \nu)\bar{\theta}] + \nu \left(1 + \lambda - \frac{1}{\alpha^*}\right) \Delta\theta = (1 + \lambda)\bar{\theta} - \frac{1}{\alpha^*}\nu\Delta\theta.$$

«Большое» \tilde{K} означает $\tilde{K} > d_2^h$.

В случае «малого» \tilde{K} наименьший уровень загрязнения назначает большинство-1, а наибольший – большинство-2. Это сравнение корректно при $\tilde{K} < \underline{d}^*$. В этом случае уровни загрязнения подчинены соотношению

$$\underline{d}^* = d_1^s < d_2^s.$$

Наоборот, в случае «большого» \tilde{K} наименьший уровень загрязнения назначает большинство-2, а наибольший – большинство-1. Это сравнение корректно при $\tilde{K} > \bar{d}^*$. В этом случае уровни загрязнения подчинены соотношению

$$d_2^h < d_1^h = \bar{d}^*.$$

Поскольку производная $V'(\cdot)$ должна быть положительной, мы должны наложить некоторые дополнительные ограничения на параметры модели:

$$\begin{aligned} (1 + \lambda)\bar{\theta} &> \frac{1}{\alpha^*}\nu \Delta \theta, \\ \underline{\theta} &> \frac{1 - \nu}{\nu} \Delta \theta, \end{aligned}$$

$$(1 + \lambda)\bar{\theta} > \left(\frac{1}{\alpha^*} - 1 - \lambda\right) \frac{\nu}{1 - \nu} \Delta \theta,$$

что, как нетрудно заметить, равносильно выполнению условий

$$\nu\bar{\theta} > \Delta \theta,$$

$$(1 + \lambda)\bar{\theta} > \frac{1}{\alpha^*} \nu \Delta \theta + (1 + \lambda)\nu\underline{\theta}.$$

3.2.3. Решение большинства-2 в случае, типичном для развивающихся и переходных экономик

Для нас наиболее интересен случай

$$\frac{\nu}{\alpha^*} < 1 + \lambda < \frac{1 - \nu}{\alpha^*}, \quad (3.10)$$

который представляется типичным для развивающихся и переходных стран, где велика доля $1 - \nu$ фирм типа $\bar{\theta}$ и мала доля ν фирм типа $\underline{\theta}$ в экономике. Заметим, что левая часть неравенства (3.10) означает допустимость разделяющего механизма при $\tilde{K} > \bar{d}_2$ (см. раздел 3.1.2). Правая часть неравенства (3.10) означает нарушение условий допустимости разделяющего механизма при $\tilde{K} < \underline{d}_2$. Возможные уровни загрязнения связаны соотношением

$$\underline{d}^* < \bar{d}_2 < \bar{d}^* < d_2^s < \underline{d}_2.$$

Следовательно, на весьма узком интервале $\bar{d}_2 < \tilde{K} < d_2^s$ условия допустимости позволяют большинству-2 применить как объединяющий, так и разделяющий механизм. Этот случай особенно интересен тем, что при данном соотношении параметров разделяющий механизм применяется по типу «большого» \tilde{K} , в то время как объединяющий механизм применяется по типу «малого» \tilde{K} . Другими словами, одно и то же значение \tilde{K} для разделяющего механизма является «большим», а для объединяющего механизма – «малым». Будет выбран тот механизм, при котором больше значение целевой функции – это зависит, в частности, от вида функции $V(\cdot)$. Рассмотрим случай квадратичной функции $V(d) = d^2$.

Нас интересует, соответствует ли интересам общества выбор типа механизма большинством-2.

Теорема 3.1. Если \tilde{K} близко к d_2^s и $\tilde{K} < d_2^s$, то, при достаточно малом ν , большинство-2 выберет разделяющий механизм и включит в меню контрактов уровни загрязнения \underline{d}^* и d_2^s . Данный выбор соответствует интересам общества в целом. Если же \tilde{K} близко к \bar{d}_2 и $\tilde{K} > \bar{d}_2$, то, при достаточно малом ν , большинство-2 выберет объединяющий механизм и назначит уровень загрязнения \bar{d}_2 . Данный выбор не соответствует интересам общества в целом. При этом уровни загрязнения связаны неравенствами

$$\underline{d}^* < \bar{d}_2 < d_2^s.$$

Доказательство. Целевая функция большинства-2 при использовании разделяющего механизма в случае «большого» \tilde{K} имеет вид

$$W_2^{sep} = \alpha^*[\nu(S - V(\underline{d}) - (1 + \lambda)(\kappa(\underline{\theta}) - \underline{d}\theta)) - \\ - \left(1 + \lambda - \frac{1}{\alpha^*}\right) (\kappa(\bar{\theta}) - \kappa(\underline{\theta}) - \bar{d}\Delta\theta) + (1 - \nu)(S - V(\bar{d}) - (1 + \lambda)(\kappa(\bar{\theta}) - \bar{d}\theta))],$$

а при использовании объединяющего механизма в случае «малого» \tilde{K} – следующий вид

$$W_2^{un} = \alpha^*[\nu(S - V(d) - (1 + \lambda)(\kappa(\underline{\theta}) - d\theta)) + \\ + (1 - \nu)(S - V(d) - (1 + \lambda)(\kappa(\bar{\theta}) - d\bar{\theta}) - \left(1 + \lambda - \frac{1}{\alpha^*}\right) (d\Delta\theta - \kappa(\bar{\theta}) + \kappa(\underline{\theta}))].$$

Рассмотрим предельное поведение целевых функций при $\nu \rightarrow 0$. Строгие неравенства для предельных значений будут сохраняться и для достаточно малых значений ν . Получаем

$$L^{sep} = \lim_{\nu \rightarrow 0} W_2^{sep} = \alpha^*[S - V(\bar{d}_2) - (1 + \lambda)(\kappa(\bar{\theta}) - \bar{d}_2\bar{\theta})],$$

где

$$\bar{d}_2 = \frac{1}{2} \lim_{\nu \rightarrow 0} V'(\bar{d}_2) = \frac{1}{2}(1 + \lambda)\bar{\theta} = \bar{d}^*;$$

$$L^{un} = \lim_{\nu \rightarrow 0} W_2^{un} = \alpha^*[S - V(d_2^s) - (1 + \lambda)(\kappa(\bar{\theta}) - d_2^s\bar{\theta}) - \\ - \left(1 + \lambda - \frac{1}{\alpha^*}\right) (d_2^s\Delta\theta - \kappa(\bar{\theta}) + \kappa(\underline{\theta}))],$$

где

$$d_2^s = \frac{1}{2} \lim_{\nu \rightarrow 0} V'(d_2^s) = \frac{1}{2} \left[(1 + \lambda)\underline{\theta} + \frac{\Delta\theta}{\alpha^*} \right] = \frac{1}{2}\underline{d}^* + \frac{\Delta\theta}{2\alpha^*}.$$

Рассмотрим два крайних случая.

I случай. Пусть $\tilde{K} < d_2^s$, но достаточно близко к d_2^s для того, чтобы можно было пренебречь последним слагаемым в L^{un} . Тогда

$$\begin{aligned} L^{sep} - L^{un} &= -\alpha^* \left(\frac{1}{2}(1+\lambda)\bar{\theta} \right)^2 + \alpha^* \left(\frac{1}{2}(1+\lambda)\underline{\theta} + \frac{1}{2} \frac{\Delta\theta}{\alpha^*} \right)^2 + \\ &+ \alpha^* \frac{1}{2}(1+\lambda)^2 \bar{\theta}^2 - \alpha^* \frac{1}{2}(1+\lambda)^2 \underline{\theta} \bar{\theta} - \alpha^*(1+\lambda) \frac{\bar{\theta}\Delta\theta}{2\alpha^*} = \\ &= \frac{1}{4}(\Delta\theta)^2 \alpha^* \left[\frac{1}{(\alpha^*)^2} - (1+\lambda)^2 \right] > 0. \end{aligned}$$

Если ν мало, а \tilde{K} близко к d_2^s и $\tilde{K} < d_2^s$, то большинство-2 выбирает разделяющий механизм, при этом функция общественного благосостояния равна

$$W^{sep} = \frac{W_2^{sep}}{\alpha^*} + \nu \left(1 - \frac{1}{\alpha^*} \right) (\tilde{K} - \bar{d}_2) \Delta\theta.$$

При использовании объединяющего механизма «малого» \tilde{K}

$$W^{un} = \frac{W_2^{un}}{\alpha^*} + (1-\nu) \left(1 - \frac{1}{\alpha^*} \right) (d_2^s - \tilde{K}) \Delta\theta.$$

Таким образом, $W^{sep} > W^{un}$, т. е. интересы общества совпадают с выбором заинтересованного большинства.

II случай. Пусть $\tilde{K} > \bar{d}_2$, но \tilde{K} достаточно близко к \bar{d}_2 для того, чтобы отличием последнего слагаемого в L^{un} от $(d_2^s - \bar{d}_2) \Delta\theta$ можно было пренебречь. Тогда

$$d_2^s - \tilde{K} \rightarrow \frac{1}{2} \left[\frac{1}{\alpha^*} - (1+\lambda) \right] \Delta\theta$$

и поэтому

$$\begin{aligned} L^{sep} - L^{un} &= \frac{\Delta\theta^2}{4\alpha^*} [(\alpha^*)^2(1+\lambda)^2 + 1 - 2\alpha^*(1+\lambda) - \\ &- 2(1+\lambda)^2(\alpha^*)^2 + 4(1+\lambda)\alpha^* - 2] = \\ &= -\frac{(\Delta\theta)^2}{4\alpha^*} [(1+\lambda)\alpha^* - 1]^2 < 0. \end{aligned}$$

Большинство-2 выберет объединяющий механизм, если ν мало, а \tilde{K} близко к \bar{d}_2 и $\tilde{K} > \bar{d}_2$.

Сравним функции общественного благосостояния:

$$W^{sep} - W^{un} = -\frac{(\Delta\theta)^2}{4(\alpha^*)^2}[(1 + \lambda)\alpha^* - 1]^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\alpha^*} - 1 \right) \left[\frac{1}{\alpha^*} - (1 + \lambda) \right] (\Delta\theta)^2 > 0.$$

Для общества был бы предпочтителен разделяющий механизм. Уровни загрязнения связаны соотношением

$$\underline{d}^* = \underline{d}_2 < \bar{d}_2 < d_2^s.$$

□

4. Сравнение разделяющего и объединяющего механизмов при малом $\Delta\theta$

Теперь исследуем ситуацию, когда: 1) $\Delta\theta$ мало; 2) выбор вида механизма (разделяющий или объединяющий) производит либо общество, либо регулятор (большинство-1 или большинство-2); 3) в соответствии с видом механизма, регулятор назначает меню контрактов или единый контракт.

Можно трактовать величину $\Delta\theta$ как результат отклонения от точки $\hat{\theta} = \bar{\theta} = \underline{\theta}$ за счет уменьшения величины $\underline{\theta}$ или за счет увеличения величины $\bar{\theta}$. Сразу же заметим, что в точке $\hat{\theta}$ выполняется равенство

$$\underline{d}_1 = \bar{d}_2 = d_1^s = d_2^s = \underline{d}^*.$$

Будем в этом разделе предполагать, что функция $\kappa(\theta)$ дифференцируема, тогда справедливо приближенное равенство

$$\tilde{K} \approx \kappa'(\hat{\theta}).$$

Анализ видов механизма проводится далее на основе сравнения значений целевых функций, а также их производных, при этом существенно используется теорема об огибающей (например, [6]).

Нетрудно убедиться, что в точке $\hat{\theta}$ для разделяющего и объединяющего механизмов общественное благосостояние совпадает, его первые производные (они приведены ниже) также совпадают.

4.1. Случай «малого» \tilde{K} (ренту получает фирма типа $\bar{\theta}$)

Лемма 4.1. Пусть имеет место случай «малого» \tilde{K} и $\Delta\theta$ мало, механизм выбирает общество, а регулятор определяет только меню контрактов, и

$$B = p(\lambda + 2\nu - 1)(1 + \lambda) + (1 - p) \left(\lambda + 2\nu - 1 + \frac{1 - \nu}{\alpha^*} \right) \left(1 + \lambda - \frac{1 - \nu}{\alpha^*} \right).$$

Тогда:

1) при $B > 0$ для общества предпочтителен разделяющий механизм,

2) при $B < 0$ для общества предпочтителен объединяющий механизм.

Доказательство. Будем говорить о $\Delta\theta$ как о результате уменьшения $\underline{\theta}$ и сравнивать механизмы по вторым производным функции общественного благосостояния по переменной $\underline{\theta}$ в точке $\hat{\theta}$. Эти производные вычисляются в пп. I и II доказательства леммы, а затем в п. III доказательства проводится сравнение разделяющего и объединяющего механизмов.

I. Разделяющий механизм.

I.i. У власти большинство-1. Общественное благосостояние равно

$$W(\underline{\theta}) = \frac{W^1(\underline{\theta})}{\alpha^*} + (1 - \nu)(\kappa(\underline{\theta}) - \kappa(\bar{\theta}) + \Delta\theta \underline{d}_1),$$

где $W^1(\underline{\theta})$ – целевая функция большинства-1, описываемая равенством (3.1), уровни загрязнения $\underline{d}_1, \bar{d}^*$ найдены в п. 3.1.1. Применяя к $W^1(\underline{\theta})$ теорему об огибающей, находим

$$\frac{dW(\underline{\theta})}{d\underline{\theta}} = -(\lambda + \nu)(\kappa'(\underline{\theta}) - \underline{d}_1) + (1 - \nu)\Delta\theta \frac{d\underline{d}_1}{d\underline{\theta}}.$$

Из (3.2) следует, что

$$\frac{d\underline{d}_1}{d\underline{\theta}} = \frac{1 + \lambda}{\nu V''(\underline{d}_1)}$$

и

$$\frac{d^2 \underline{d}_1}{d\underline{\theta}^2} = -\frac{(1 + \lambda)^2 V'''(\underline{d}_1)}{\nu^2 [V''(\underline{d}_1)]^3}.$$

Находим вторую производную общественного благосостояния в точке $\hat{\theta}$

$$\frac{d^2 W(\underline{\theta})}{d\underline{\theta}^2} \Big|_{\underline{\theta}=\hat{\theta}} = -(\lambda + \nu) \kappa''(\hat{\theta}) + \frac{(\lambda + 2\nu - 1)(1 + \lambda)}{\nu V''(\underline{d}^*)}.$$

И.ii. У власти большинство-2. Общественное благосостояние составляет

$$W(\underline{\theta}) = \frac{W^2(\underline{\theta})}{\alpha^*} + (1 - \nu) \left(1 - \frac{1}{\alpha^*} \right) (\kappa(\underline{\theta}) - \kappa(\bar{\theta}) + \Delta \theta \underline{d}_2),$$

где $W^2(\underline{\theta})$ – целевая функция большинства-2, описываемая равенством (3.4), $\underline{d}_2, \bar{d}^*$ – определяемые большинством-2 уровни загрязнения (они найдены в п. 3.1.2). Применяя к $W^2(\underline{\theta})$ теорему об огибающей, находим

$$\frac{dW(\underline{\theta})}{d\underline{\theta}} = -(\lambda + \nu)(\kappa'(\underline{\theta}) - \underline{d}_2) + (1 - \nu) \left(1 - \frac{1}{\alpha^*} \right) \Delta \theta \frac{dd_2}{d\underline{\theta}}.$$

Из (3.5) следует, что

$$\frac{dd_2}{d\underline{\theta}} = \frac{1 + \lambda - (1 - \nu)/\alpha^*}{\nu V''(\underline{d}_2)}$$

и

$$\frac{d^2 \underline{d}_2}{d\underline{\theta}^2} = -\frac{V'''(\underline{d}_2)}{[V''(\underline{d}_2)]^3} \left(\frac{1 + \lambda - (1 - \nu)/\alpha^*}{\nu} \right)^2.$$

В результате, в точке $\hat{\theta}$,

$$\begin{aligned} \frac{d^2 W(\underline{\theta})}{d\underline{\theta}^2} \Big|_{\underline{\theta}=\hat{\theta}} &= -(\lambda + \nu) \kappa''(\hat{\theta}) + \\ &+ \left[\lambda + \nu - (1 - \nu) \left(1 - \frac{1}{\alpha^*} \right) \right] \frac{1 + \lambda - (1 - \nu)/\alpha^*}{\nu V''(\underline{d}^*)}. \end{aligned}$$

II. Объединяющий механизм.

II.i. У власти большинство-1. Общественное благосостояние равно

$$W(\underline{\theta}) = \frac{W^1(\underline{\theta})}{\alpha^*} + (1 - \nu)(\kappa(\underline{\theta}) - \kappa(\bar{\theta}) + \Delta \theta d_1^s),$$

где $W^1(\underline{\theta})$ – целевая функция большинства-1, описываемая равенством (3.7). Уровень загрязнения d_1^s , как показано в п. 3.2.1, равен \underline{d}^* . Аналогично случаю разделяющего механизма, в точке $\hat{\theta}$,

$$\frac{d^2W(\underline{\theta})}{d\underline{\theta}^2}\Big|_{\underline{\theta}=\hat{\theta}} = -(\lambda + \nu)\kappa''(\hat{\theta}) + \frac{(\lambda + 2\nu - 1)(1 + \lambda)}{V''(\underline{d}^*)}.$$

II.ii. У власти большинство-2. Общественное благосостояние равно

$$W(\underline{\theta}) = \frac{W^2(\underline{\theta})}{\alpha^*} + (1 - \nu) \left(1 - \frac{1}{\alpha^*}\right) (\kappa(\underline{\theta}) - \kappa(\bar{\theta}) + \Delta\theta d_2^s),$$

где $W^2(\underline{\theta})$ – целевая функция большинства-2, описываемая равенством (3.8). Уровень загрязнения d_2^s определяется уравнением (3.9). Аналогично случаю разделяющего механизма, в точке $\hat{\theta}$,

$$\begin{aligned} \frac{d^2W(\underline{\theta})}{d\underline{\theta}^2}\Big|_{\underline{\theta}=\hat{\theta}} &= -(\lambda + \nu)\kappa''(\hat{\theta}) + \\ &+ \left[\lambda + \nu - (1 - \nu) \left(1 - \frac{1}{\alpha^*}\right) \right] \frac{1 + \lambda - (1 - \nu)/\alpha^*}{V''(\underline{d}^*)}. \end{aligned}$$

III. Сравнение разделяющего и объединяющего механизмов в точке $\hat{\theta}$.

Ожидаемое значение второй производной общественного благосостояния при разделяющем механизме составляет

$$D^{sep} = -(\lambda + \nu)\kappa''(\hat{\theta}) + \frac{B}{2\nu V''(\underline{d}^*)},$$

а при объединяющем механизме

$$D^{un} = -(\lambda + \nu)\kappa''(\hat{\theta}) + \frac{B}{2V''(\underline{d}^*)}.$$

Предпочтительным, с точки зрения общественного благосостояния, является механизм с большим значением второй производной по $\underline{\theta}$. Подчеркнем, что знак приращения $\Delta\theta$ (а оно в данном случае отрицательное) не оказывает влияния. Действительно,

$$W(\underline{\theta}) = \frac{W''(\hat{\theta})}{2}(\Delta\theta)^2 + o((\Delta\theta)^2).$$

Если $B > 0$, то $B/(V''(\hat{d})) < B/(\nu V''(\hat{d}))$ и предпочтителен разделяющий механизм. Если же $B < 0$, то предпочтителен объединяющий механизм. \square

Для нас наиболее интересен типичный для многих развивающихся и переходных экономик случай, когда у власти с большой вероятностью находится большинство-2, и велика «доля» фирм типа $\bar{\theta}$, т.е. p мало, и выполняется условие (3.10).

Теорема 4.1. *Пусть имеет место случай «малого» \tilde{K} и $\Delta\theta$ мало. В типичных для переходных и развивающихся экономик условиях, когда выполняется (3.10), если p достаточно мало и выбор типа механизма производит общество, то будет выбран объединяющий механизм. Если у власти находится большинство-2 и выбирает как механизм, так и меню контрактов, то также будет выбран объединяющий механизм. Уровни загрязнения связаны соотношением*

$$\underline{d}_2 = d_2^s = \underline{d}^* < \bar{d}^* .$$

Доказательство. В рассматриваемом случае, знак величины B определяется вторым слагаемым, а оно отрицательно. По лемме 4.1, для общества предпочтителен объединяющий механизм.

При выполнении условия (3.10) нарушено условие допустимости разделяющего механизма, поэтому большинство-2 также выберет объединяющий механизм. \square

Теорема 4.2. *Пусть имеет место случай «малого» \tilde{K} и $\Delta\theta$ мало. В условиях, когда велика «доля» фирм типа $\bar{\theta}$ в экономике (выполняется условие (3.10)), и у власти находится большинство-1, этот регулятор выбирает разделяющий механизм, тогда как для общества предпочтителен объединяющий механизм.*

Уровни загрязнения связаны соотношением

$$\underline{d}_1 < d_1^s = \underline{d}^* < \bar{d}^* .$$

Доказательство. В случае разделяющего механизма, целевая функция большинства-1 $W^1(\theta)$ определена равенством (3.1), а уровень загрязнения \underline{d}_1 – равенством (3.2). В случае объединяющего механизма, целевая функция $W^1(\theta)$ определена равенством (3.7), уровень загрязнения d_1^s равен \underline{d}^* . В точке $\hat{\theta}$ значения этих функций совпадают, уровни загрязнения совпадают и равны \underline{d}^* , первые производные совпадают и равны

$$-\alpha^*(1 + \lambda)(\kappa'(\underline{\theta}) - \underline{d}^*).$$

Вторые производные в этих двух случаях равны, соответственно

$$D^{sep} = \alpha^*(1 + \lambda) \left[\frac{1 + \lambda}{\nu V''(\underline{d}^*)} - \kappa''(\hat{\theta}) \right],$$

$$D^{un} = \alpha^*(1 + \lambda) \left[\frac{1 + \lambda}{V''(\underline{d}^*)} - \kappa''(\hat{\theta}) \right].$$

Таким образом, большинство-1 выбирает разделяющий механизм. Условие (3.10) влечет $\lambda + 2\nu - 1 < 0$ и, как видно из леммы 4.1, общество в целом выбрало бы объединяющий механизм. \square

4.2. Случай «большого» \tilde{K} (ренту получает фирма типа $\underline{\theta}$)

Как уже говорилось, случай «большого» \tilde{K} представляется типичным для промышленно развитых стран.

Лемма 4.2. Пусть имеет место случай «большого» \tilde{K} и $\Delta\theta$ мало, механизм выбирает общество, а регулятор определяет только меню контрактов, и

$$C = p(1 + \lambda)(1 + \lambda - 2\nu) + (1 - p) \left[1 + \lambda - 2\nu + \frac{\nu}{\alpha^*} \right] \left(1 + \lambda - \frac{\nu}{\alpha^*} \right).$$

Тогда:

1) при $C > 0$ для общества предпочтителен разделяющий механизм,

2) при $C < 0$ для общества предпочтителен объединяющий механизм.

Доказательство. При «большом» \tilde{K} удобно, как это сделано в [4], трактовать величину $\Delta\theta$ как результат увеличения величины $\bar{\theta}$. Сначала в пп. I и II доказательства леммы мы получим выражения для производных от функций общественного благосостояния по переменной $\bar{\theta}$ в точке $\hat{\theta}$, а затем, в п. III доказательства выполним непосредственно сравнение разделяющего и объединяющего механизмов.

I. Разделяющий механизм.

I.i. У власти большинство-1. Общественное благосостояние равно

$$W(\bar{\theta}) = \frac{W^1(\bar{\theta})}{\alpha^*} + \nu(\tilde{K} - \bar{d}_1)\Delta\theta = \frac{W^1(\bar{\theta})}{\alpha^*} + \nu(\kappa(\bar{\theta}) - \kappa(\underline{\theta}) - \bar{d}_1\Delta\theta),$$

где целевая функция большинства-1 $W^1(\bar{\theta})$ имеет вид

$$W^1(\bar{\theta}) = \alpha^* \mathbb{E}[S - V(d) - (1 + \lambda)(\kappa(\theta) - \theta d) - (1 + \lambda)U].$$

Уровни загрязнения \underline{d}^* и \bar{d}_1 определяются, соответственно, уравнениями (2.1) и (3.3). Применяя к $W^1(\bar{\theta})$ теорему об огибающей, находим

$$\begin{aligned} \frac{dW^1(\bar{\theta})}{d\bar{\theta}} &= \alpha^* [-\nu(1 + \lambda)(\kappa'(\bar{\theta}) - \bar{d}_1) - (1 - \nu)(1 + \lambda)(\kappa'(\bar{\theta}) - \bar{d}_1)] \\ &= -\alpha^*(1 + \lambda)(\kappa'(\bar{\theta}) - \bar{d}_1). \end{aligned}$$

Из (3.3) находим

$$\begin{aligned} \frac{d\bar{d}_1}{d\bar{\theta}} &= \frac{1 + \lambda}{(1 - \nu)V''(\bar{d}_1)}, \\ \frac{d^2\bar{d}_1}{d\bar{\theta}^2} &= -\frac{V'''(\bar{d}_1)}{V''(\bar{d}_2)} \left(\frac{d\bar{d}_1}{d\bar{\theta}} \right)^2 = -\frac{(1 + \lambda)^2 V'''(\bar{d}_1)}{(1 - \nu)^2 [V''(\bar{d}_1)]^3}. \end{aligned}$$

Еще раз применяя теорему об огибающей, получаем

$$\frac{d^2W^1(\bar{\theta})}{d\bar{\theta}^2} = -\alpha^*(1 + \lambda) \left(\kappa''(\bar{\theta}) - \frac{d\bar{d}_1}{d\bar{\theta}} \right).$$

Таким образом, для функции общественного благосостояния имеем

$$\frac{dW(\bar{\theta})}{d\bar{\theta}} = (\nu - 1 - \lambda)\kappa''(\bar{\theta}) + \frac{(1 + \lambda - 2\nu)(1 + \lambda)}{(1 - \nu)V''(\bar{d}_1)} + \frac{\mu(1 + \lambda)^2 V'''(\bar{d}_1)}{(1 - \nu)^2 [V''(\bar{d}_1)]^3} \Delta\theta.$$

I.ii. У власти большинство-2. Общественное благосостояние равно

$$\begin{aligned} W(\bar{\theta}) &= \frac{W^2(\bar{\theta})}{\alpha^*} + \nu \left(1 - \frac{1}{\alpha^*} \right) (\tilde{K} - \bar{d}_2)\Delta\theta = \\ &= \frac{W^2(\bar{\theta})}{\alpha^*} + \nu \left(1 - \frac{1}{\alpha^*} \right) (\kappa(\bar{\theta}) - \kappa(\underline{\theta}) - \bar{d}_2\Delta\theta), \end{aligned}$$

где целевая функция большинства-2 $W^2(\bar{\theta})$ имеет вид

$$W^2(\bar{\theta}) = \alpha^* \mathbb{E} \left[S - V(d) - (1 + \lambda)(\kappa(\theta) - \theta d) - \left(1 + \lambda - \frac{1}{\alpha^*} \right) U \right].$$

Уровни загрязнения \underline{d}^* и \bar{d}_2 определяются, соответственно, соотношениями (2.1) и (3.6). Применяя к $W^2(\bar{\theta})$ теорему об огибающей, находим

$$\frac{dW^2(\bar{\theta})}{d\bar{\theta}} = \alpha^* \left[-(1 + \lambda)(\kappa'(\bar{\theta}) - \bar{d}_2) + \frac{\nu}{\alpha^*} (\kappa'(\bar{\theta}) - \bar{d}_2) \right].$$

Из (3.6) находим

$$\frac{d\bar{d}_2}{d\bar{\theta}} = \frac{1 + \lambda - \nu/\alpha^*}{(1 - \nu)V'''(\bar{d}_2)},$$

$$\frac{d^2\bar{d}_2}{d\bar{\theta}^2} = -\frac{(1 + \lambda - \nu/\alpha^*)^2 V''''(\bar{d}_2)}{(1 - \nu)[V''(\bar{d}_2)]^3}.$$

Отсюда следует, что

$$\frac{d^2W^2(\bar{\theta})}{d\bar{\theta}^2} = \alpha^* \left[\left(\frac{\nu}{\alpha^*} - (1 + \lambda) \right) \kappa''(\bar{\theta}) + \frac{(\nu/\alpha^* - (1 + \lambda))^2}{(1 - \nu)V''(\bar{d}_2)} \right].$$

Таким образом, для функции общественного благосостояния имеем

$$\begin{aligned} \frac{d^2W(\bar{\theta})}{d\bar{\theta}^2} &= \\ &= (\nu - 1 - \lambda)\kappa''(\bar{\theta}) + \left(1 + \lambda - 2\nu + \frac{\nu}{\alpha^*}\right) \frac{1 + \lambda - \nu/\alpha^*}{(1 - \nu)V''(\bar{d}_2)} + \\ &+ \nu \left(1 - \frac{1}{\alpha^*}\right) \frac{(1 + \lambda - \nu/\alpha^*)^2 V''''(\bar{d}_2)}{(1 - \nu)^2 [V''(\bar{d}_2)]^3} \Delta\theta. \end{aligned}$$

II. Объединяющий механизм.

II.i. У власти большинство-1. Общественное благосостояние равно

$$W(\bar{\theta}) = \frac{W^1(\bar{\theta})}{\alpha^*} + \nu(\kappa(\bar{\theta}) - \kappa(\underline{\theta}) - d_1^h \Delta\theta),$$

где целевая функция большинства-1 $W^1(\bar{\theta})$ имеет вид

$$\begin{aligned} W^1(\bar{\theta}) &= \alpha^*[S - V(d_1^h) - (1 + \lambda)(\nu(\kappa(\underline{\theta}) - \underline{\theta}d_1^h) + (1 - \nu)(\kappa(\bar{\theta}) - \bar{\theta}d_1^h)) - \\ &- \nu(1 + \lambda)(\kappa(\bar{\theta}) - \kappa(\underline{\theta}) - d_1^h \Delta\theta)]. \end{aligned}$$

Уровень загрязнения d_1^h находится из уравнения

$$V'(d_1^h) = (1 + \lambda)(\nu\underline{\theta} + (1 - \nu)\bar{\theta}) + \nu(1 + \lambda)\Delta\theta = (1 + \lambda)\bar{\theta}. \quad (4.1)$$

Следовательно, $d_1^h = \bar{d}^*$. Применяя к $W^1(\bar{\theta})$ теорему об огибающей, находим

$$\frac{dW^1(\bar{\theta})}{d\bar{\theta}} = \alpha^*[-(1 + \lambda)(1 - \nu)(\kappa'(\bar{\theta}) - d_1^h) - (1 + \lambda)\nu(\kappa'(\bar{\theta}) - d_1^h)] =$$

$$= -\alpha^*(1 + \lambda)(\kappa'(\bar{\theta}) - d_1^h).$$

Из (4.1) получаем

$$\frac{dd_1^h}{d\bar{\theta}} = \frac{1 + \lambda}{V''(d_1^h)},$$

$$\frac{d^2d_1^h}{d\bar{\theta}^2} = -\frac{V'''(d_1^h)}{V''(d_1^h)} \left(\frac{dd_1^h}{d\bar{\theta}} \right)^2 = -\frac{(1 + \lambda)^2 V'''(d_1^h)}{[V''(d_1^h)]^3}.$$

Следовательно,

$$\frac{d^2W^1(\bar{\theta})}{d\bar{\theta}^2} = -\alpha^*(1 + \lambda) \left(\kappa''(\bar{\theta}) - \frac{dd_1^h}{d\bar{\theta}} \right) = -\alpha^*(1 + \lambda) \left(\kappa''(\bar{\theta}) - \frac{1 + \lambda}{V''(d_1^h)} \right).$$

Таким образом, для функции общественного благосостояния

$$\frac{dW(\bar{\theta})}{d\bar{\theta}} = -(1 + \lambda)(\kappa'(\bar{\theta}) - d_1^h) + \nu(\kappa'(\bar{\theta}) - d_1^h) - \nu \frac{dd_1^h}{d\bar{\theta}} \Delta\theta,$$

$$\frac{d^2W(\bar{\theta})}{d\bar{\theta}^2} = (\nu - 1 - \lambda)\kappa''(\bar{\theta}) + (1 + \lambda - 2\nu) \frac{1 + \lambda}{V''(d_1^h)} + \nu \frac{(1 + \lambda)^2 V'''(d_1^h)}{[V''(d_1^h)]^3} \Delta\theta.$$

II.ii. У власти большинство-2. Общественное благосостояние равно

$$W(\bar{\theta}) = \frac{W^2(\bar{\theta})}{\alpha^*} + \nu \left(1 - \frac{1}{\alpha^*} \right) (\kappa(\bar{\theta}) - \kappa(\underline{\theta}) - d_2^h \Delta\theta),$$

где целевая функция большинства-2

$$W^2(\bar{\theta}) = \alpha^*[S - V(d_2^h) - (1 + \lambda)(\nu(\kappa(\underline{\theta}) - \underline{\theta}d_2^h) + (1 - \nu)(\kappa(\bar{\theta}) - \bar{\theta}d_2^h)) - \\ - \nu \left(1 + \lambda - \frac{1}{\alpha^*} \right) (\kappa(\bar{\theta}) - \kappa(\underline{\theta}) - d_2^h \Delta\theta)].$$

Уровень загрязнения d_2^h находится из уравнения

$$V'(d_2^h) = (1 + \lambda)(\nu\underline{\theta} + (1 - \nu)\bar{\theta}) + \nu \left(1 + \lambda - \frac{1}{\alpha^*} \right) \Delta\theta = (1 + \lambda)\bar{\theta} - \frac{\nu}{\alpha^*} \Delta\theta. \quad (4.2)$$

Применяя к $W^2(\bar{\theta})$ теорему об огибающей, находим

$$\frac{dW^2(\bar{\theta})}{d\bar{\theta}} = \alpha^* \left[-(1 + \lambda)(\kappa'(\bar{\theta}) - d_2^h) + \frac{\nu}{\alpha^*} (\kappa'(\bar{\theta}) - d_2^h) \right].$$

Из (4.2) получаем

$$\frac{dd_2^h}{d\bar{\theta}} = \frac{1 + \lambda - \nu/\alpha^*}{V''(d_2^h)},$$

$$\frac{d^2 d_2^h}{d\bar{\theta}^2} = - \frac{(1 + \lambda - \nu/\alpha^*)^2 V'''(d_2^h)}{(1 - \nu)[V''(d_2^h)]^3}.$$

Отсюда

$$\frac{d^2 W^2(\bar{\theta})}{d\bar{\theta}^2} = \alpha^* \left[\left(\frac{\nu}{\alpha^*} - (1 + \lambda) \right) \kappa''(\bar{\theta}) + \frac{(\nu/\alpha^* - (1 + \lambda))^2}{V''(d_2^h)} \right].$$

Таким образом, для функции общественного благосостояния имеем

$$\begin{aligned} \frac{d^2 W(\bar{\theta})}{d\bar{\theta}^2} &= (\nu - 1 - \lambda) \kappa''(\bar{\theta}) + \left(1 + \lambda - 2\nu + \frac{\nu}{\alpha^*} \right) \frac{1 + \lambda - \nu/\alpha^*}{V''(d_2^h)} + \\ &+ \nu \left(1 - \frac{1}{\alpha^*} \right) \frac{(1 + \lambda - \nu/\alpha^*)^2 V'''(d_2^h)}{[V''(d_2^h)]^3} \Delta\theta. \end{aligned}$$

III. Сравнение разделяющего и объединяющего механизмов в точке $\hat{\theta}$.

В точке $\hat{\theta}$ (когда $\Delta\theta=0$) значения функции общественного благосостояния для разделяющего и объединяющего механизмов совпадают, уровни загрязнения \bar{d}_2 и d_2^h совпадают и равны \underline{d}^* , первые производные также совпадают. Ожидаемое значение второй производной общественного благосостояния при использовании разделяющего механизма равно

$$D^{sep} = (\nu - 1 - \lambda) \kappa''(\hat{\theta}) + \frac{C}{(1 - \nu)V''(\underline{d}^*)},$$

а при объединяющем механизме:

$$\begin{aligned} D^{un} &= (\nu - 1 - \lambda) \kappa''(\bar{\theta}) + p(1 + \lambda - 2\nu)(1 + \lambda) \frac{1}{V''(\underline{d}^*)} + \\ &+ (1 - p) \left[\lambda + 1 - \nu - \nu \left(1 - \frac{1}{\alpha^*} \right) \right] \left(1 + \lambda - \frac{\nu}{\alpha^*} \right) \frac{1}{V''(\underline{d}^*)} = \\ &= (\nu - 1 - \lambda) \kappa''(\hat{\theta}) + \frac{C}{V''(\underline{d}^*)}. \end{aligned}$$

Если $C > 0$, то $C/V''(\underline{d}^*) < C/(1 - \nu)V''(\underline{d}^*)$ и предпочтителен разделяющий механизм. Если же $C < 0$, то предпочтителен объединяющий механизм. \square

Теорема 4.3. Пусть имеет место случай «большого» \tilde{K} и $\Delta\theta$ мало.

1. Пусть выполняется условие допустимости разделяющего механизма $\nu/\alpha^* < 1 + \lambda$ («доля» фирм типа $\bar{\theta}$ достаточно велика).

Тогда:

(i) Если выбор механизма определяет общество и p достаточно мало, то будет выбран разделяющий механизм;

(ii) Если у власти находится большинство-2, которое выбирает как механизм, так и меню контрактов, то будет выбран разделяющий механизм.

2. Если же $\nu/\alpha^* > 1 + \lambda$, то возможен только объединяющий механизм.

При этом уровни загрязнения связаны соотношением

$$\underline{d}^* < d_2^h < \bar{d}_2.$$

Доказательство. Ясно, что

$$\lambda + 1 - \nu - \nu \left(1 - \frac{1}{\alpha^*} \right) > \lambda + 1 - \nu > 0,$$

так что знак C при малом p определяется знаком $1 + \lambda - \nu/\alpha^*$. Если $1 + \lambda > \nu/\alpha^*$, то $C > 0$, тогда для общества предпочтителен разделяющий механизм. Если же $1 + \lambda < \nu/\alpha^*$, то $C < 0$ и для общества предпочтителен объединяющий механизм.

В точке $\hat{\theta}$ (где $\Delta\theta = 0$) значения целевой функции большинства-2 для разделяющего и объединяющего механизмов совпадают, уровни загрязнения \bar{d}_2 и d_2^h совпадают и равны \underline{d}^* , первые производные также совпадают. Вторые производные в этих двух случаях равны, соответственно

$$\begin{aligned} D^{sep} &= \alpha^* \left[\left(\frac{\nu}{\alpha^*} - (1 + \lambda) \right) \kappa''(\bar{\theta}) + \frac{(\nu/\alpha^* - (1 + \lambda))^2}{(1 - \nu)V''(\underline{d}^*)} \right] = \\ &= (\nu - \alpha^*(1 + \lambda))\kappa''(\hat{\theta}) + \frac{\alpha^*V''(\underline{d}^*)G^2}{1 - \nu} \end{aligned}$$

и

$$D^{un} = (\nu - \alpha^*(1 + \lambda))\kappa''(\hat{\theta}) + \alpha^*V''(\underline{d}^*)G^2,$$

где

$$G = \frac{\nu/\alpha^* - (1 + \lambda)}{V''(\underline{d}^*)}.$$

Таким образом, независимо от соотношения между величинами ν/α^* и $1 + \lambda$, для большинства-2 был бы предпочтителен разделяющий механизм. \square

Теорема 4.4. Пусть имеет место случай «большого» \tilde{K} и $\Delta\theta$ мало. Если у власти находится большинство-1, которое выбирает и механизм и меню контрактов, то этот регулятор выбирает разделяющий механизм, что совпадает с интересами общества только если $1 + \lambda - 2\nu > 0$. Если же $1 + \lambda - 2\nu < 0$, то для общества предпочтителен объединяющий механизм.

Уровни загрязнения связаны соотношением

$$\underline{d}^* < d_1^h = \bar{d}_1 = \bar{d}^* .$$

Доказательство. В точке $\hat{\theta}$ ($\Delta\theta = 0$) значения целевой функции большинства-1 для разделяющего и объединяющего механизмов совпадают, уровни загрязнения \bar{d}_1 и d_1^h совпадают и равны \underline{d}^* , первые производные также совпадают. Вторые производные в этих двух случаях равны

$$D^{sep} = -\alpha^*(1 + \lambda) \left(\kappa''(\hat{\theta}) - \frac{1 + \lambda}{(1 - \nu)V''(\underline{d}^*)} \right)$$

и

$$D^{un} = -\alpha^*(1 + \lambda) \left(\kappa''(\hat{\theta}) - \frac{1 + \lambda}{V''(\underline{d}^*)} \right) .$$

Таким образом, большинство-1 выбирает разделяющий механизм. Если $1 + \lambda - 2\nu > 0$, то, как видно из леммы 4.2, и общество в целом выбрало бы разделяющий механизм, а если $1 + \lambda - 2\nu < 0$, то объединяющий механизм. \square

4.3. Обсуждение результатов

Результаты исследования приводятся в табл. 1 и 2.

Табл. 1 соответствует случаю, который представляется типичным для многих развивающихся и переходных экономик: относительно эффективными являются «грязные» фирмы, а их доля в экономике $1 - \nu$ относительно велика. При этом допустимые уровни загрязнения связаны соотношением

$$\underline{d}_1 < \underline{d}^* < \bar{d}^* < d_2^s,$$

Таблица 1. Выбор вида механизма и уровней загрязнения при «малом» \tilde{K} и при малом ν (при $\nu < 1 - (1 + \lambda)\alpha^*$)

Кто назначает механизм	Кто назначает меню контрактов	Допустимые уровни загрязнения	Какой механизм выбран
Общество	Большинство-1	\underline{d}^*	Объединяющий
	Большинство-2	d_2^s	
Большинство-2	Большинство-2	d_2^s	
Большинство-1	Большинство-1	\underline{d}_1 и \bar{d}^*	Разделяющий

Табл. 2 соответствует случаю, типичному для промышленно развитых стран, когда относительно эффективны «зеленые» фирмы. В этом случае выполняются следующие соотношения между допустимыми уровнями загрязнения:

Если $\nu > (1 + \lambda)\alpha^*$, то $d_2^h < \underline{d}^* < \bar{d}^* < \bar{d}_1$.

Если $\nu < (1 + \lambda)\alpha^* < 1$, то $\underline{d}^* < d_2^h < \bar{d}_2 < \bar{d}^* < \bar{d}_1$.

Если $\nu < 1 < (1 + \lambda)\alpha^*$, то $\underline{d}^* < d_2^h < \bar{d}^* < \bar{d}_2 < \bar{d}_1$.

Заметим, что во всех случаях, рассмотренных в табл. 2, доля «зеленых» фирм ν или может быть выше, или заведомо выше, чем в случаях, рассмотренных в табл. 1. Ситуации, представленные в табл. 1 и табл. 2, на наш взгляд, вполне отвечают экономическим условиям, в развивающихся и переходных экономиках и в промышленно развитых странах, соответственно.

Сравнивая правые части таблиц, видим, что следует в большей степени ожидать применения разделяющего (рыночного) механизма в промышленно развитых странах, чем в развивающихся и переходных экономиках.

В случае, типичном для развивающихся и переходных экономик (табл. 1), наибольший уровень загрязнения d_2^s «зеленых» фирм достигается при объединяющем механизме, когда меню контрактов назначает заинтересованное большинство.

Наоборот, в случае, типичном для промышленно развитых стран (табл. 2), большинство-2 оказывается наиболее эффективным экологическим регулятором.

Табл. 2, однако, позволяет сделать и другой вывод: по мере роста

Таблица 2. Выбор вида механизма и уровней загрязнения при «большом» \tilde{K}

Кто назначает механизм	Кто назначает меню контрактов	Допустимые уровни загрязнения	Какой механизм выбран
Общество	Большинство-1	\bar{d}^* , если $\nu > \frac{1+\lambda}{2}$	Объединяющий
		\underline{d}^* и \bar{d}_1 , если $\nu < \frac{1+\lambda}{2}$	Разделяющий
Общество или Большинство-2	Большинство-2	d_2^h , если $\nu > (1 + \lambda)\alpha^*$	Объединяющий
		\underline{d}^* и \bar{d}_2 , если $\nu < (1 + \lambda)\alpha^*$	Разделяющий
Большинство-1	Большинство-1	\underline{d}^* и \bar{d}_1	Разделяющий

доли «зеленых» фирм в экономике, в промышленно развитых странах можно ожидать большей степени применения объединяющего механизма.

5. Заключение

В данной статье на основе теории контрактов изучается работа механизма экологической политики при различных условиях, включающих как экономическую компоненту (экономическая эффективность фирм разного типа и их «доля» (частота) в экономике), так и политическую компоненту (кто именно – общество или регулятор – принимает решение о выборе разновидности механизма – объединяющего или разделяющего, кто находится у власти и принимает решение о допустимых уровнях загрязнения). Анализ показывает, что при одном и том же «рамочном» механизме его разновидность и результирующая экономическая политика существенно зависят от этих условий.

Таким образом, исследование ставит под сомнение широко распространенную точку зрения о возможности адекватного переноса в произвольно взятую переходную или развивающуюся экономику институтов, которые зарекомендовали себя эффективными в той или иной промышленно развитой стране.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матвеевко В.Д. *Стимулирующие механизмы в экологически мотивированном регулировании: Станут ли эффективными экологические политики в переходных и развивающихся экономиках ?* // Журнал Новой экономической ассоциации. 2010. № 8. С. 10–34.
2. Davis S.J., Caldeira K. *Consumption-based accounting of CO₂ emissions* // Proceedings of National Academy of Sciences of the USA. 2010. V. 107(12). P. 5687–5692.
3. Hawksworth J. *Implications of global growth for carbon emissions and climate change policy*. Pricewaterhouse Coopers, 2006.
4. Laffont J.J. *Incentives and political economy*. Oxford: Oxford University Press, 2000. Русский перевод: Лаффон Ж.-Ж. *Стимулы и политэкономика*. М.: Изд. Дом ГУ-ВШЭ, 2007.
5. O'Neill B.C., Dalton M., Fuchs R., Jiang L., Pachauri S. and Zigova K. *Global demographic trends and future carbon emissions* // Proceedings of National Academy of Sciences of the USA. 2010. V. 107(41). P. 17521–17526.
6. Takayama A. *Analytical methods in economics*. New York: Harvester Wheat Sheaf, 1994.

SEPARATING AND POOLING STIMULATING
MECHANISMS OF ECOLOGICAL REGULATION (CASES
OF INDUSTRIAL AND DEVELOPING COUNTRIES)

Vladimir D. Matveenko, Institute for Economics and Mathematics
RAS, St. Petersburg, Dr.Sc., professor (matveenko@emi.nw.ru).

Alexei V. Korolev, National Research University Higher School of
Economics, Cand.Sc., associate professor (danitschi@mail.ru)

Abstract: A contract theory model is studied in which objective functions of a regulator and of two types of firms include ecological variables. It is shown that the choice of a way of functioning of the regulating mechanism (separating or pooling) depends both on political conditions (what kind of regulator defines the mechanism and the contracts) and on economic conditions: a difference between "dirty" and "green" firms in their efficiency and a degree of their prevalence in the economy. Under a small difference in values of parameter characterizing the types of firms it is shown that if, what seems to be typical for many developing and transition economies, the use of "dirty" technologies increases the rentability of the firms and the fraction of "dirty" firms in the economy is high then the pooling (non-market, in some sense) mechanism is chosen more often. Under conditions which seem to be typical for industrial countries, where "green" firms are relatively efficient, a separating (more market) mechanism can be expected more often.

Keywords: equilibrium, pollution level, ecological regulation, menu of contracts, pooling mechanism, separating mechanism.