

РЫНОК ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЛИЦЕНЗИЙ: ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ОПЫТ ИХ РЕШЕНИЯ В США

Гаврилова Ю.Ю.

(Москва)

Рассматривается рынок экологических лицензий, его возможные структуры, свойства, сферы приложения, проблемы реализации и показывается, что при соблюдении определенных предпосылок он может быть эффективным механизмом контроля за выбросами загрязняющих веществ.

Почти во всех странах осознана необходимость государственных мер по контролю за выбросами загрязняющих веществ в окружающую среду. Так, США, Западная Европа, Япония имеют в этой области уже почти сорокалетний опыт. Со всей очевидностью он свидетельствует о том, что в преддверии реализации той или иной законодательной схемы, обеспечивающей контроль и сокращение выбросов, необходимо оценить ее эффективность, сопоставив затраты и результаты. В США в середине 1970-х годов сформировалась и до сих пор доминировала система директивного установления фирмам индивидуальных стандартов (легализованных лимитов выбросов), дополненная штрафами за их нарушения. Она оказалась неэффективной и сейчас предпринимаются попытки создать системы экологического контроля, базирующиеся на экономических методах воздействия на источники выбросов.

Среди таких систем следует особо выделить рынок экологических лицензий (ЭЛ), теоретически позволяющий достичь заранее определенного показателя (стандарта) качества воздуха (воды) с минимальными издержками [1]. Этот рынок предполагает выпуск ценных бумаг, дающих право на выбросы данного загрязняющего вещества, общее количество которых должно соответствовать стандартному уровню совокупных выбросов. ЭЛ могут неограниченно продаваться и покупаться на территории действия рынка и накапливаться в специальных банках.

Серьезные аналитические исследования рынков ЭЛ позволили США начать реализацию рыночных мер в сфере экологии (политика "облака", компенсаций, выпуск банковских обязательств [2, 3]). В данной статье, исходя из достижений западных экономистов, предпринята попытка всестороннего анализа рынка ЭЛ: его возможных структур, свойств, сферы приложения, проблем реализации.

Зародыши идеи ЭЛ можно обнаружить еще у А. Маршалла и Г. Джорджа. Суть ее состоит в следующем. Бесплатность эмиссии загрязняющих веществ была терпима, пока экологические затраты (расходы, связанные с ограничением, очисткой, специальной обработкой загрязняющих веществ) значительно превышали величину ущерба, наносимого загрязнением окружающей среде. Но когда неконтролируемые выбросы создают угрозу благополучию, а часто здоровью и жизни людей, она становится абсурдом. В такой ситуации, по общему мнению западных экономистов, необходимы ЭЛ, дающие право на выбросы конкретных загрязняющих веществ в течение тех или иных промежутков времени, причем цены на ЭЛ должны устанавливаться в результате уравновешивания их спроса и предложения, т.е. через рынок ЭЛ.

Эффективность рынка ЭЛ определяется прежде всего его способностью приводить к такому распределению выбросов загрязняющих веществ между фирмами, которое удовлетворяет стандартному (целевому) качеству воздуха (воды) и соответствует минимальным совокупным экологическим издержкам. Вместе с тем рынок ЭЛ должен

давать всем заинтересованным фирмам правильные ценовые сигналы, опираясь на которые они могли бы выбирать оптимальные комбинации экологических инвестиций и текущих затрат на контроль выбросов (затраты на ЭЛ вкупе с экологическими издержками). И его эффективность оказывается в зависимости от простоты процедур покупки и продажи ЭЛ по конкурентным ценам с умеренными издержками на обслуживание сделок.

Чтобы рынок ЭЛ обрел эти свойства, нужно учесть множество конкретных факторов. К ним относятся, например, вид и характеристики регулируемого загрязняющего вещества (масштаб и длительность воздействия, летучесть, реактивность), количество и мощности его источников, преобладающие метеоусловия, распределение плотности населения и т.п. Это означает, что рецепта формирования такого рынка не существует. Но имеются теоретические предложения, позволяющие решать отдельные типичные проблемы, связанные со структурой рынка ЭЛ применительно к тем или иным местным условиям. Поэтому именно местные природоохранные органы должны быть наделены всеми необходимыми правами по созданию на подведомственной территории рынка ЭЛ, отвечающего специфике ее условий*. Рынки ЭЛ в основном будут решать региональные проблемы.

Критерий качества воздуха может быть задан как предел валовым выбросам региона, выраженный в тоннах или других единицах массы загрязняющих веществ в год или другой период времени. Тогда относительно просто рассчитать долю каждого источника в общих региональных выбросах. Но есть существенный недостаток: качество воздуха непосредственно не определяется валовыми выбросами (эмиссией). Это особенно плохо для загрязняющих веществ с сильным локальным действием. Наносимый ими ущерб зависит от их концентрации в нижних слоях атмосферы, что в свою очередь связано с местоположением источников выбросов, аккумуляционными возможностями принимающей среды и массой выбрасываемых загрязняющих веществ.

Другой вариант критерия – стандартная концентрация загрязняющих веществ в воздухе. Она измеряется в так называемых реципиентных точках (РТ) и усредняется во времени. В этом случае от рынка ЭЛ требуется такое перераспределение выбросов между фирмами, чтобы издержки на поддержание стандартной концентрации в РТ были минимальными. Именно данный критерий качества воздуха принят в Законе о Чистом Воздухе США. Но и он не лишен недостатка: затрудняется определение того, какая фирма, какую концентрацию и где именно формирует, поскольку вклад каждого источника в концентрацию загрязняющих веществ в данной РТ зависит от расстояния между ними, массы выбросов данного источника, а также от факторов, влияющих на характер перемещения загрязняющих веществ в рассматриваемой среде. Выбором критерия не ограничиваются спорные моменты организации рынка ЭЛ.

Предположим, что некоторое природоохранное учреждение (например, местный природоохранный орган (МПО)) контролирует качество воздуха над определенной территорией. Для этого МПО осуществляет мониторинг концентрации загрязняющих веществ в нескольких РТ. Казалось бы, если рынок ЭЛ будет ориентироваться на концентрацию загрязнений лишь в РТ (т.е. там, где она постоянно контролируется), то в остальных местах возможно превышение стандарта [2]. Поскольку воздушные массы все время перемещаются, видимо реально иметь адекватную характеристику состояния воздуха в регионе в целом по отдельным РТ. Исследований на эту тему пока нет, очевидно лишь, что без анализа конкретных условий невозможно принимать решения о числе и размещении РТ.

Концентрации загрязняющих веществ и их конкретные комбинации в разных РТ формируются различными источниками, причем некоторые из них могут располагаться на территории, подведомственной данному МПО, другие – вне ее. МПО может разре-

* Естественно, существуют загрязняющие вещества с глобальным эффектом, например, фторхлоруглероды, подозреваемые в разрушении озонового слоя, которые требуют мер контроля в национальном и даже межнациональном масштабе. Но это выходит за пределы возможностей рынка ЭЛ как регулирующего механизма.

шить свободное перемещение ЭЛ по всей охватываемой им территории. Но если она слишком велика, а критерий имеет вид лимита валовых выбросов, то не исключено сосредоточение в одном месте мощных источников загрязнения, что приведет к очень высокому локальному ущербу. В таком случае целесообразно членение региона на зоны с запретом сделок между ними или разрешением лишь при изменении стоимости ЭЛ по определенным правилам, если совершается переход из одной зоны в другую.

Размер зон и их количество – важные проблемы дизайна рынка ЭЛ, решаемые для каждой конкретной ситуации. Следует иметь в виду, что с ростом числа зон и уменьшением их площади снижается вероятность появления "горячих точек" (hot spots) – сосредоточения нескольких мощных источников загрязнения в одном месте. Вместе с тем обостряется проблема узости рынка ЭЛ в каждой зоне, когда из-за малочисленности участников и редкости сделок они сопровождаются высокими расходами на обслуживание и утированными ценовыми сигналами. Это подрывает эффективность рыночной системы. К тому же ограничение или запрещение свободного перемещения ЭЛ между зонами может явиться непреодолимым препятствием для такого распределения выбросов между фирмами региона, которое соответствует минимальным совокупным экологическим затратам.

Возможна и организация рынков вокруг отдельных РТ. Тогда для всякого местного источника выбросов должны быть установлены коэффициенты, связывающие его выбросы с концентрацией загрязняющих веществ в любой РТ, и той или иной фирме придется покупать лицензии на каждом рынке ЭЛ в зависимости от концентрации, формируемой ее выбросами. Правда, нельзя выделить локальное воздушное пространство в хорошо ограниченную физическую целостность. Некоторые загрязняющие вещества способны перемещаться на большие расстояния. Поэтому в США применяется следующая процедура. Каждый штат обязан выяснить, какие его предприятия воздействуют на качество воздуха в других местах, и уведомить об этом штаты-реципиенты, которые включают такие фирмы в свой план достижения национальных стандартов загрязнения (Standard implementation plan или SIP) [2]. Эта процедура весьма далека от теоретически оптимальной. Скорее всего система местных рынков ЭЛ должна дополняться рядом законов, запрещающих регионам решать свои проблемы за счет экспорта выбросов.

Существуют различные мнения по вопросу о том, кто обязан иметь ЭЛ. Д.Р.Макинтош [4] считает, что это касается абсолютно всех источников выбросов. Он разработал проект особой системы органов по контролю за мелкими собственниками ЭЛ и продаже им лицензий. Т.Г.Титенберг [5], напротив, доказывает необходимость исключения мелких загрязнителей из сферы действия рынка ЭЛ, поскольку затраты на его организацию превзойдут экономию, которую он сулит. Во всяком случае, хорошим критерием включения той или иной категории загрязнителей в систему рынка ЭЛ служит сопоставление величины снижения выбросов у этой категории загрязнителей в результате их рыночного регулирования с величиной затрат, идущих на контроль и мониторинг их выбросов.

Известно по крайней мере два вида ЭЛ. Она может давать право на определенную массу выбросов, увязанную с фиксированным временным интервалом, любому своему обладателю независимо от местоположения последнего. В этом случае все сделки в регионе осуществляются из расчета один к одному. Авторы [6] формально доказали, что введение рынка ЭЛ указанного вида позволяет достичь лимита валовых выбросов региона с минимальным привлечением ресурсов (при неограниченно свободном перемещении ЭЛ по территории). Но, как уже отмечалось, подобная система опасна образованием в регионе "горячих точек" с очень сильным локальным загрязнением. Предотвратить их появление может ограничение свободного перемещения лицензий в рамках отдельных зон региона или введение стандартной, единожды установленной процедуры, определяющей обменные курсы межзональных сделок.

Другой вид ЭЛ разрешает владельцу формировать определенную фиксированную концентрацию в данной РТ, что предполагает наличие нескольких рынков ЭЛ, привязанных к определенным РТ. На такой ЭЛ необходимо указывать, к какой РТ она отно-

сится, а для фирм установить стандартную процедуру перевода концентраций, зафиксированных ЭЛ, в тонны выбросов. Организация подобной системы рынков потребует значительных затрат, но есть все основания полагать, что она предпочтительнее в плане долгосрочной эффективности, поскольку задает стимулы к правильному размещению источников загрязнения по территории [7, 8]. В отличие от предшествующего, индифферентного к местоположению фирм-загрязнителей, этот вид ЭЛ делает перемещение той или иной фирмы возможным способом экономии затрат на достижение стандарта качества воздуха.

С административной точки зрения желательно, чтобы каждая лицензия регулировала все типичные для данного региона загрязнения. Это подразумевает учет в ней смеси загрязняющих веществ с фиксированными весами компонентов. Однако едва ли возможно, чтобы у всех источников выбросов в данном регионе наборы загрязняющих веществ и их пропорции совпадали. А вычленив и продать ненужную часть лицензии нельзя. Это – препятствие оптимальному перераспределению выбросов. Далее, неодинаковы и затраты на улавливание разных веществ. Так что по одним стандарт будет достигаться труднее, по другим – легче. Если же МПО начнет сокращать количество лицензий в регионе в целях получения стандарта по наиболее сложноконтролируемому веществу, то по остальным, значащимся в лицензии, это приведет к избыточному сокращению выбросов в сравнении с оптимумом. Эти и некоторые другие обстоятельства делают предпочтительным формирование рынков ЭЛ отдельно для каждого загрязняющего вещества.

Программируемым свойством рынка ЭЛ является способность его реагирования на изменения внешней среды. Известно, что концентрация загрязняющих веществ в воздухе определяется не только массой выбросов, но и состоянием самой атмосферы. В [2] указывается на целый спектр способов интегрирования внешних условий в рынок ЭЛ. На одном краю спектра находится система, регулирующая выбросы в зависимости от текущих метеословий. Она предполагает ежедневную корректировку обменных курсов межзональных сделок и коэффициентов перевода массы выбросов в концентрации веществ в РТ. Это будет держать выбросы под максимальным контролем, но потребует невозможных затрат от общественного и частных секторов. На другом конце спектра – способ, игнорирующий текущие условия и опирающийся на среднегодовые данные. В этом случае общим количеством ЭЛ в регионе определяется предел выбросов, не позволяющий сформироваться опасной концентрации даже в predisполагающих к ней обстоятельствах. Такая система требует весьма умеренных расходов, но не приспособлена к реагированию на экстремальные ситуации, когда, например, температурные инверсии нарушают нормальную дисперсию загрязняющих веществ или ослабляют абсорбирующую способность среды.

Один из способов решения возникающей проблемы – двойной режим действия ЭЛ, т.е. в нормальных условиях номинал каждой лицензии один, а в экстремальных – другой. Во внутренней части спектра располагаются компромиссные варианты, для которых характерны либо меньшие затраты на контроль, либо больший учет текущих метеословий.

Т.Г.Титенберг [2] рассмотрел возможность интегрирования сезонности метеословий и суточного цикла человеческой деятельности в дизайн ЭЛ. Роза ветров, как правило, имеет относительную стабильность в межсезонье, но резко изменяется от сезона к сезону. Метеоцентры обладают точной информацией на этот счет и способны предоставить ее МПО. МПО может определить четыре номинала ЭЛ в зависимости от сезона или четыре обменных курса для зональной структуры рынка ЭЛ. Подобная схема лицензий должна стимулировать перемещение выбросов в то место и время, где и когда они приносят минимальный вред.

Если просуммировать все, что желательно учесть в одной ЭЛ, то получается, что у каждой лицензии в комплексе должно быть 16 номиналов, поскольку выделяются четыре сезона, два периода в сутках и два режима – нормальный и экстремальный. Едва ли система со столь запутанной единицей сможет работать. Представляется, что у ЭЛ

должен быть единственный номинал, а на случай экстремальных условий вполне достаточны административно-запретительные акции со стороны МПО и других служб.

Весьма сложным является начальное распределение лицензий между источниками выбросов. Прежде всего, необходимо решить, кто будет изначально оплачивать ЭЛ и куда пойдут средства, вырученные от их продажи. Согласно принципу "правительство платит", допустимо бесплатно распределить ЭЛ между нуждающимися фирмами, а затем МПО будет выкупать их у фирм до тех пор, пока общее количество лицензий не придет в соответствие с выбросами, формирующими стандартное качество воздуха в регионе. В итоге фактически за лучшее качество воздуха заплатят налогоплательщики – жители данного региона, поскольку именно на их средства существует МПО. Другой принцип – "загрязнитель платит", когда лицензии изначально принадлежат МПО, который впоследствии продает их фирмам. По сути платить за ЭЛ будут опять же жители данного региона, но уже в качестве собственников и рабочих фирм-загрязнителей, а также потребителей их продукции. При таком распределении ЭЛ МПО получит возможность широко афишировать, куда пойдут вырученные от продажи лицензий средства: например, на цели благотворительности или на мероприятия по охране природы, проводимые в масштабах региона. А это в свою очередь создает дополнительную рекламу рыночным мерам и облегчит их внедрение, что тоже важно.

Начальное распределение ЭЛ не должно препятствовать достижению рынком их оптимального конечного распределения. Если допускается неограниченное перемещение ЭЛ по региону, то их рынок приводит к такому конечному распределению лицензий между фирмами, соответствующему минимальным затратам на достижение стандарта качества воздуха в регионе, независимо от способа начального распределения ЭЛ. Это формально доказано в [9]. Но если рынок имеет зональную структуру, запрещающую перемещение ЭЛ из зоны в зону, то возможность достижения рынком оптимума зависит от начального распределения ЭЛ между зонами. Этот вопрос далее будет рассмотрен более подробно.

Начальное распределение ЭЛ, по возможности, должно быть справедливым, чтобы не лишая популярности рыночные меры в сфере экологии. Например, бесплатное распределение ЭЛ между фирмами в соответствии с их текущими выбросами в условиях США поставило бы в выгодное положение те из них, которые сильнее всего сопротивлялись экологическому регулированию и в преддверии рынка ЭЛ добились заниженных индивидуальных ограничений на выбросы. При этом необходимо учитывать сугубо местную специфику: количество, мощность и концентрированность источников выбросов. Так Р.Г. Нолл [10], анализируя возможную организацию рынка ЭЛ для выбросов серы в районе г. Лос-Анджелеса, обнаружил, что лишь десять близко расположенных друг к другу фирм выбрасывают 85% серы. Следовательно, рынок ЭЛ обещал быть узким и монопольным. Только одна фирма имела все предпосылки стать покупателем ЭЛ, а остальные могли превратиться в их продавцов. В такой ситуации нельзя отдавать лицензии фирмам, МПО следует организовать для них аукционную продажу ЭЛ по конкурентной цене.

Принимая во внимание указанные выше обстоятельства, можно было бы рекомендовать следующий вариант начального распределения ЭЛ. МПО собирает информацию о фактических выбросах в регионе и если они в целом не противоречат стандарту качества воздуха (случай экологически чистых, непромышленных, малонаселенных местностей), то ЭЛ можно бесплатно распределить между предприятиями в соответствии с их текущими выбросами. При этом желательно еще раз проверить обоснованность текущих выбросов. Если же стандарт качества воздуха в регионе нарушается (экологически неблагоприятные территории), то МПО должен будет найти отношение: $R = \text{нормативные валовые выбросы региона/его фактические валовые выбросы}$. Полученный коэффициент R далее используется МПО при определении количества ЭЛ, которые бесплатно распределяются между фирмами. Доля каждой фирмы вычисляется по формуле: $e_i^s = R e_i^\phi$, где e_i^s – выбросы фирмы i , соответствующие стандартному качеству воздуха; e_i^ϕ – фактические текущие выбросы фир-

мы i . Для указанного типа регионов $e_i^{\Phi} > e_i^S$ по всем i , т.е. каждая фирма бесплатно получит меньшее количество лицензий, чем ей необходимо для полной легализации своих текущих выбросов.

Очевидно, что фирмы не смогут тотчас же сократить выбросы до требуемого уровня. В связи с этим вводится дополнительное количество платных ЭЛ, которые фирмы смогут приобрести у МПО по цене, определяемой следующей процедурой. Каждая фирма предоставляет МПО свою функцию спроса на ЭЛ с произвольной шкалой (рис. 1). МПО сводит индивидуальные функции спроса d_i в общую функцию

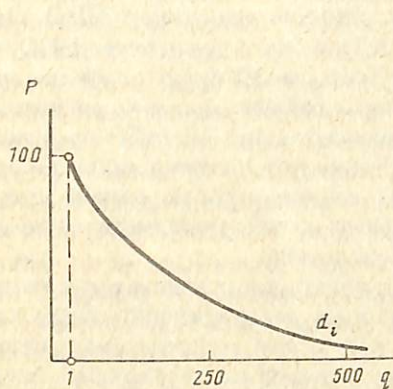


Рис. 1

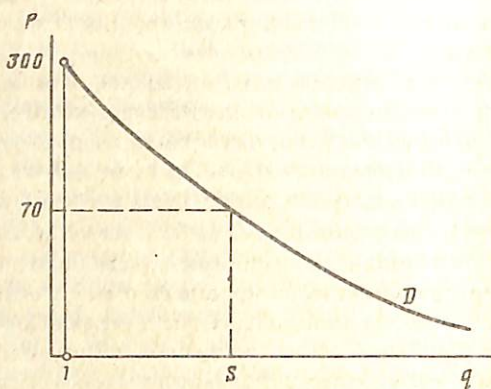


Рис. 2

Рис. 1. Функция спроса на ЭЛ фирмы i : p — цена (долл.), q — количество (шт.)

Рис. 2. Функция совокупного спроса на ЭЛ: p — цена (долл.), q — количество (шт.)

спроса на ЭЛ в регионе D (рис. 2). На кривой D фиксируется точка, соответствующая предложению платных ЭЛ в регионе. Абсцисса этой точки определяется МПО, а ордината — искомая цена на дополнительные лицензии. Существенным моментом является обязательная краткосрочность действия дополнительных лицензий. На них должен быть указан срок, например, один или два-три года, по истечении которого лицензии теряют силу и изымаются из обращения. Это обеспечит сокращение выбросов в регионе до уровня, согласующегося со стандартным качеством воздуха.

Многие американские экономисты [5, 10–12] полагают, что регионам необходим набор ЭЛ с самыми разными сроками действия: одни могут быть вечными и выходить из обращения только при покупке их МПО у фирм; другие же — с большим или меньшим, но заранее установленным сроком, конец которого предусматривает некую формальную процедуру. Ограниченность времени функционирования ЭЛ придает всей системе гибкость, позволяя МПО приспосабливать ее для новых стандартов.

Влияние зависимости между массой выбросов и концентрацией загрязняющих веществ в воздухе на качество окружающей среды и здоровье людей еще слабо изучено. Природоохранные учреждения со временем будут приобретать новые знания по этому поводу, что, вероятно, повлечет за собой корректировку стандартов. Моменты же истечения сроков действия кратко-, а особенно долгосрочных ЭЛ дают МПО возможность согласовать общее количество ЭЛ, имеющих хождение в регионе, с новыми стандартами через выпуск взамен обесценившихся меньшего числа ЭЛ. Здесь могут быть варианты: продажа новых лицензий фирмам или их бесплатное распределение между фирмами согласно обесценившимся долям.

Вместе с тем ограниченность срока действия лицензий позволит противодействовать монопольным тенденциям на их рынке, если таковые обнаружатся. Например, если держателей ЭЛ мало, они будут диктовать монопольно высокие цены на них, что осложнит вход в сферу данного рынка новым участникам и затормозит экономический рост

в регионе. В этом случае МПО может перераспределить часть ЭЛ, выпущенных взамен обесценившихся, в пользу новых фирм. Какую именно часть, МПО должно выяснить само посредством изучения различных сценариев развития рынка ЭЛ, а также региональной экономики в целом. В дополнение к этому можно ввести, как предполагают М.Робертс и М.Спенс [13], субсидии на неиспользуемые ЭЛ: если монополист производит меньше выбросов, чем на то имеет лицензий, МПО может предложить ему дополнительные субсидии под экологические затраты в обмен на помещение "экономленных" ЭЛ в специальный банк.

Но эта стимулирующая мера потребует от МПО больших расходов, поскольку субсидии должны позволять фирмам приобретать дорогостоящее оборудование для маневра выбросами.

Однако в периодическом обесценивании части ЭЛ есть один недостаток, заключающийся в том, что оно повышает степень неопределенности при оценке фирмами перспективных цен на лицензии, что в свою очередь усложняет им выработку оптимальной политики экологического инвестирования. В таких условиях фирмы могут избегать покупки капиталоемкого экологического оборудования, позволяющего радикально снизить объем выбросов и предпочтут некие локальные, дополнительные к уже имеющимся меры контроля за выбросами. Тем не менее, как показывает практика рыночного производства, именно на уровне фирмы легче всего минимизируются издержки, связанные с неопределенностью, и именно разнорочные лицензии позволят согласовать их выбор с приемлемым для каждого риском. Избегающие риска предприниматели смогут обеспечить себя более дорогими долгосрочными или даже вечными ЭЛ, а предпочитающие рисковать купят относительно дешевые краткосрочные.

Рассмотрим ряд наиболее разработанных в теоретическом плане систем торговли правами на загрязнение. Одна из них – предлагаемая американцами *APS* (*Ambient Permit System*). Впервые о ней упоминает В.Д.Монтгомери [9], в той или иной степени она проанализирована в [2, 14–17]. Суть *APS* в следующем. Пусть есть некий регион, обладающий расположенной над ним частью воздушного пространства. Фактическое качество воздуха описывается вектором $Q = (q_1, \dots, q_n)$, каждая компонента которого – это усредненная концентрация контролируемого *APS* загрязняющего вещества в одной из n РТ, принадлежащих региону. В нем находится m промышленных источников выбросов с фиксированным местоположением и действующих по закону максимизации прибыли. Предполагается, что все загрязнение данным веществом происходит от этих источников, каждый из которых выбрасывает e_i , а общий вектор выбросов – $E = (e_1, \dots, e_m)$. МПО задает региону целевой вектор качества воздуха (стандарт) $Q^* = (q_1^*, \dots, q_n^*)$, компоненты которого могут быть одинаковыми, равными национальному стандарту, но это не обязательно. МПО имеет право задать более низкую концентрацию для РТ, расположенных в жилых районах, местах отдыха и т.п.

Вектор выбросов отображается на вектор концентраций неотрицательной матрицей $D = \|d_{ij}\|_{m \times n}$ такой, что $ED = Q$, $ED \leq Q^*$. Элемент матрицы d_{ij} равен вкладу в концентрацию данного вещества в j -й РТ, который вносит единица выбросов от источника i . Матрицу D называют матрицей коэффициентов диффузии выбросов или просто матрицей диффузии*. Адекватность линейной аппроксимации зависимости концентраций в РТ от выбросов подтверждена для неактивных и слабореактивных веществ, выбрасываемых в воздушную среду [18]. Центральное природоохранное агентство США уже узаконило ряд моделей диффузии выбросов загрязняющих веществ в качестве средства для разработки *SIP* (см. выше) и проверки допустимости сделок по программе "оффсет" [3]. В их числе модель Мартина–Тикварта (1968 г.), на которую ссылаются авторы [9 и 14].

* Получить матрицу D довольно сложно, но реально. Хотя перемещение воздушных масс в нижних слоях атмосферы – очень сложный динамический процесс, но среднегодовые потоки проявляют поразительную регулярность, а именно среднегодовые данные и требуются.

Модель охватывает 27 источников выбросов взвешенных частиц в районе г.Сант-Луис, формирующих 80% концентрации этого типа загрязнения в районе. Исходная информация модели: дисперсионные характеристики выбросов (местоположение источника, высота трубы, средняя высота перемешивания); выходные условия выбросов (диаметр трубы, температура и скорость ветра); стабильная роза ветров (скорость, направление, показатель стабильности ветра); время распада загрязняющего вещества. Основой модели служит уравнение, описывающее форму облака, которое формируют выбросы от источника при постоянных интенсивности выбросов, скорости и направлении ветра. По этому уравнению вычисляется вклад любого источника в формирование концентрации загрязнений в любой РТ для заданного направления и фиксированной скорости ветра. Через частоту распределения направления и скорости ветра получается теоретическая зависимость между средними выбросами и средними концентрациями, определяющая коэффициенты d_{ij} .

Имея d_{ij} , каждая фирма может и должна будет выяснить, какую концентрацию в какой РТ формируют ее выбросы

$$(d_{i1}, \dots, d_{ij}, \dots, d_{in})e_i = (f_{i1}, \dots, f_{ij}, \dots, f_{in}) = f^i,$$

где e_i – валовые выбросы источника i ; f_{ij} – концентрация в j -й РТ, формируемая исключительно выбросами источника i ; f^i – вектор спроса на ЭЛ источника i . МПО со своей стороны должно организовать n рынков ЭЛ вокруг каждой из n РТ. В.Д. Монтгомери [9] и другие авторы, описывая *APS*, не конкретизируют процесс начального распределения ЭЛ, а указывают лишь, что общее число лицензий (их размерность – единица концентрации, которую имеет право формировать владелец ЭЛ в данной РТ) на каждом из n рынков составляет в точности стандартную концентрацию. Остается непонятным, каким образом легализуются выбросы, дающие избыточную концентрацию, а если этого не происходит, то как и в какие сроки они должны быть доведены до нормы.

Применительно к условиям *APS* можно предложить следующую процедуру начального распределения ЭЛ. МПО собирает информацию о спросе на ЭЛ для каждой РТ простым суммированием

$$\sum_i f_{ij} = f_j, \quad j = 1, \dots, n,$$

где f_j – спрос на ЭЛ на рынке j . Далее, для всех $j = 1, \dots, n$ МПО сравнивает f_j и q_j^* , т.е. фактическую концентрацию со стандартной:

1) если $f_j = q_j^*$, то МПО может бесплатно распределить лицензии данного рынка между фирмами в соответствии с их текущими выбросами;

2) если $f_j < q_j^*$, то МПО действует аналогично п. 1, а остаток лицензий, равный $\Delta^+ = q_j^* - f_j$, оставляет у себя для продажи в будущем новым фирмам;

3) если $f_j > q_j^*$, то для такого рынка МПО выпускает лицензий на общую сумму в f_j , но часть из них, равная избыточной концентрации $\Delta^- = f_j - q_j^*$, будет представлена краткосрочными невозобновляемыми ЭЛ (в этом случае фирмы легализуют свои текущие выбросы, включая избыточные, через покупку необходимого количества лицензий, а в дальнейшем рынок займется эффективным перераспределением ЭЛ, и, следовательно, ответственности за снижение выбросов).

Помимо организации начальной фазы рынка (выпуск n типов лицензий разного цвета или формата для каждого рынка j и распределение их между фирмами) от МПО не требуется никаких усилий. Вся работа по оптимальному сокращению выбросов через постоянное перераспределение ЭЛ ложится на рынок, точнее на n их взаимосвязанных рынков. В [9] доказано, что независимо от способа начального распределения ЭЛ *APS* достигает оптимума, т.е. стандартного качества воздуха в регионе с минимальными издержками.

Структура *APS* предполагает, что все бремя по обеспечению ее оперирования ложится на фирмы. Каждая фирма должна будет действовать сразу на n рынках или на некоем их подмножестве в зависимости от области распространения своих выбросов. Какие приблизительно операции ей придется осуществлять в рамках *APS*,

можно проследить на простом условном примере. Пусть в регионе имеется 5 РТ, обозначим их *, и несколько фирм-загрязнителей – (рис. 3). Предположим, что фирма 2 хочет сократить свои выбросы на Δ_2 . Тогда она переводит эту величину в термины концентрации (или ЭЛ) и продает соответственно на первом рынке $d_{21}\Delta_2$ лицензий, на втором – $d_{22}\Delta_2$, на третьем $d_{23}\Delta_2$ и т.д. Цена на лицензии на каждом рынке будет своя. Если какая-то фирма сочтет выгодным увеличить выбросы, например 1 на Δ_1 , то она опять же должна будет перевести планируемый прирост Δ_1 в термины ЭЛ и купить их на каждом из пяти рынков в количествах соответственно $d_{11}\Delta_1$, $d_{12}\Delta_1$, $d_{13}\Delta_1$ и т.д. Возможно, что фирма будет продавцом и покупателем ЭЛ одновременно. Так, если выбросы фирмы 1 формируют достаточно малые концентрации во всех РТ, кроме первой, то эта фирма будет покупателем ЭЛ только на первом рынке, а на других – продавцом. В целом организация рыноч-

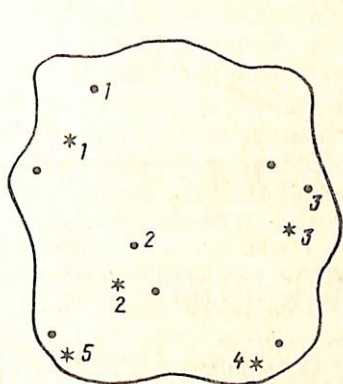


Рис. 3

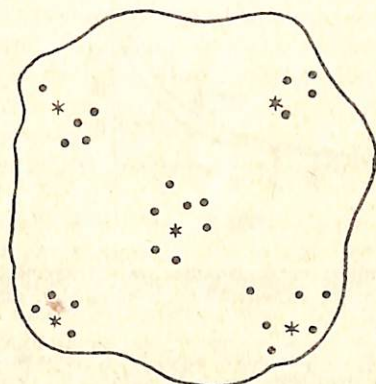


Рис. 4

Рис. 3. Упрощенная схема APS: * – РТ, • – источник выбросов

Рис. 4. Эффективная географическая структура APS: * – РТ, • – источник выбросов

ных операций при APS потребует от фирм значительных затрат. Сократить их может лишь хорошо развитая система брокерских услуг.

По мнению Р.Г. Нолла [10], с которым можно согласиться, APS будет эффективна (с точки зрения затрат на ее организацию и экономии экологических издержек), когда на любую РТ воздействует значительное число фирм и каждая фирма должна иметь ЭЛ лишь на немногих рынках. Это подразумевает явно выраженный локальный характер выбросов и "кучковое" расположение фирм вокруг РТ (см. рис. 4). Если же APS будет использована для контроля веществ, способных перемещаться на большие расстояния, то проявится ее достаточно неприятное свойство: стандарт качества воздуха в регионе будет достигнут с минимальными издержками, но при росте валовых выбросов. Это значит: экономия затрат на сокращение выбросов частично получается за счет их экспорта за пределы региона. Ориентируясь только на концентрацию загрязняющего вещества в n своих внутренних точках, система игнорирует валовые выбросы. Поэтому фирмы, расположенные далеко от РТ, или новые фирмы, стремящиеся разместиться в приграничных районах, смогут достигнуть предписанной им нормы выбросов с незначительными издержками благодаря такому экспорту.

Сделав вывод о том, что главным недостатком APS является структурная сложность, влекущая за собой высокие издержки организации сделок у фирм, С.Аткинсон и Т.Г.Титенберг [14] предложили аппроксимирующую ее систему HAPS (Highest Ambient Permit System). Она допускает лишь один рынок ЭЛ, привязанный к РТ с максимальной фактической концентрацией в регионе, в остальном же идентична APS. В [14] проведен сравнительный анализ этих двух систем, имитируемых задачами квадратичного прог-

раммирования. APS

$$\min(z = \sum_j c_j x_j + \sum_j d_j x_j^2),$$

$$\sum_j a_{ij} x_j \geq b_i, \quad i = 1, \dots, m,$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n,$$

где b_i – величина, на которую необходимо снизить фактическую концентрацию в i -РТ для достижения в ней стандарта; a_{ij} – коэффициенты матрицы диффузии; c_j, d_j – положительные коэффициенты функции издержек сокращения выбросов j источника x_j –

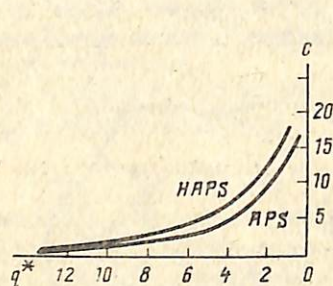


Рис. 5

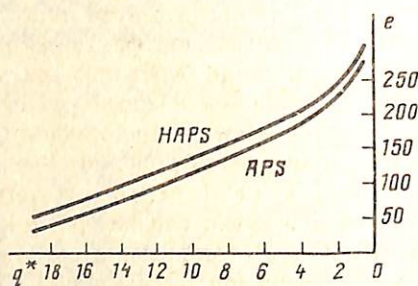


Рис. 6

Рис. 5. Совокупные региональные экологические издержки как функция стандартной концентрации: (C – суммарные издержки региона на сокращение выбросов в день ($\times 10^3$ долл.), q^* – стандартная концентрация)

Рис. 6. Функция сокращения выбросов загрязнений в зависимости от стандартной концентрации: e – сокращение выбросов (тонн в день), q^* – стандартная концентрация

число тонн, на которое ежедневно должен сокращать свои выбросы источник. HAPS

$$\min(z = \sum_j c_j x_j + \sum_j d_j x_j^2),$$

$$\sum_j a_{ij} x_j \geq b^*,$$

$$b^* = \max_i b_i, \quad i = 1, \dots, m,$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n.$$

Конкретные расчеты проводились по данным о выбросах взвешенных частиц в районе г.Сант-Луис от 27 промышленных источников, покрывающих 80% всех выбросов данного загрязняющего вещества. Привлекалась вышеупомянутая модель диффузии Мартина-Тикварта. Функции издержек строились по оценочным данным, поскольку информация о затратах частных фирм относится к разряду закрытой. Одним из результатов анализа явились зависимости, отраженные на рис. 5, 6.

Получается, что HAPS имеет чуть большие издержки на сокращение выбросов, чем APS (разница возрастает с ростом стандарта качества воздуха – уменьшением стандартной концентрации) вследствие того, что HAPS обеспечивает большее сокращение валовых выбросов при достижении стандарта, чем APS. Но это – частный результат. Более того, есть все основания полагать, что он является исключением из общего правила. Сужение множества РТ до одной точки пусть даже с максимальной фактической концентрацией, ослабляет контроль за качеством воздуха и за валовыми выбросами в регионе, поскольку оно позволяет достигать стандартной концентрации в контрольной РТ (а для HAPS – это критерий качества воздуха в регионе в целом) только за счет фирм, близко расположенных к РТ.

Снижение выбросов несколькими такими фирмами, удовлетворив требования к концентрации в контролируемой РТ, вовсе не гарантирует такое же качество воздуха в других точках региона. Напротив, имеются все условия для возникновения "горячих

точек" (с недопустимо высокой концентрацией) в местах, достаточно удаленных от РТ. Подтверждение тому – анализ модели *HAPS*. Минимум целевой функции z всегда будет граничным. Это – выпуклая функция, безусловный минимум которой, совпадающий с началом координат, отсекается областью допустимых значений при *APS*. Имея ту же самую целевую функцию *HAPS*, которая содержит лишь одно ограничение, значительно расширяет область ее допустимых значений, когда граничный минимум лишь случайно может оказаться выше, чем при *APS*.

Динамический взгляд на *HAPS* заставляет еще больше усомниться в ее эффективности. Дело в том, что РТ, где фактическая концентрация максимальна, с большой вероятностью будет мигрировать по региону, поскольку *HAPS* стимулирует "откатывание" выбросов от нее, но не препятствует их концентрации в любой другой точке региона. Поскольку РТ с максимальной фактической концентрацией – структурообразующий элемент *HAPS*, ее миграция будет приводить к перестройке всей системы. Фирмы, вынужденные ориентироваться каждый раз на новые условия, диктуемые рынком ЭЛ (новые цены на лицензии, новое количество лицензий, которое необходимо иметь каждой фирме), будут нести дополнительные расходы. Повышается степень неопределенности при разработке фирмами стратегий контроля выбросов. Таким образом, при сравнении на длительный промежуток времени даже в плане расходов фирмы на рыночную деятельность (организацию сделок в ЭЛ) *HAPS* менее эффективна, чем *APS*, и не является ее удачной аппроксимацией.

Известна также система *EPS* (Emission Permit System) [14, 15, 17]. Она исходит из лимита валовых выбросов региона и предполагает единственный рынок ЭЛ, на котором сделки осуществляются из расчета один к одному, а сами лицензии имеют размерность тонны выбросов. В глазах фирм эта система выгодно отличается от *APS* простотой рыночной структуры и потому существенно меньшими издержками на поиск партнеров, обслуживание сделок, прогноз цен на ЭЛ и т.п., а также меньшей вероятностью принятия ошибочного решения об экологической программе на будущее. Вместе с тем *EPS* не допускает роста валовых выбросов в регионе, как *APS*, поскольку они являются целевым показателем и, следовательно, подлежат строгому контролю.

Однако у *EPS* отмечаются и серьезные недостатки. Прежде всего в США не существует официально признанных лимитов по валовым выбросам в отличие от целевого показателя *APS* – стандартных концентраций загрязняющих веществ, зафиксированных в Законе о Чистом Воздухе. Определение этих лимитов требует от природоохранных органов большой работы по "нащупыванию" допустимой массы валовых выбросов, согласующейся с требованиями к качеству окружающей среды и с ресурсами, которые общество в данное время готово выделить на экологические цели. Итеративный характер такой работы – не порок, как думают авторы [17], ведь сами стандартные концентрации из Закона о Чистом Воздухе не являются окончательными и нуждаются в периодическом пересмотре.

Иное дело, что система сама по себе не может избежать появления "горячих точек" (точек с сильным локальным ущербом). Поскольку *EPS* не контролирует концентрации в различных частях региона, то фирмы-загрязнители вольны располагаться там, где им выгодно, в том числе в местах с большой плотностью источников выбросов. Система никак не увязывает экологические издержки фирм с их местоположением.

В качестве противоядия "горячим точкам" предлагается тем или иным способом разделять регион на зоны, обмен внутри которых производить из расчета один к одному, а движение ЭЛ между зонами запретить. В этом случае привлекательная для фирм простота рынка ЭЛ сохраняется. Однако зональная *EPS* ставит возможность достижения оптимального распределения ЭЛ между фирмами в прямую зависимость от их начального распределения между зонами. В [17] доказано, что в общем случае зональная *EPS* не достигает оптимального распределения. Поиск же варианта начального распределения, приводящего к нему, для МПО крайне сложен, так как предусматривает априорное решение общей задачи минимизации экологических издержек в регионе. Чтобы это сделать, необходимы коэффициенты диффузии d_{ij} , информация о текущих выбросах и экологических издержках каждой фирмы. Если решение такой задачи математи-

ческого программирования большой размерности существует и может быть найдено, то после этого рынок ЭЛ не потребует вовсе: МПО останется лишь распределить "оптимальное" количество лицензий каждой фирме.

Стараясь сохранить положительные свойства *APS* и *EPS*, но устранить их недостатки, авторы [16, 17] предложили гибридную рыночную систему *POS* (Pollution Offset System). Она предусматривает торговлю непосредственно выбросами (ЭЛ в тоннах выбросов) и их единственный региональный рынок, но он наследует от *APS* точки-реципиенты, для которых фиксируется целевой вектор концентраций. Отличительным моментом здесь является то, что целевой вектор назначается как $\min[Q^*, Q^0]$, где Q^* - вектор стандартных, а Q^0 - фактических начальных концентраций. Это гарантирует *POS* от

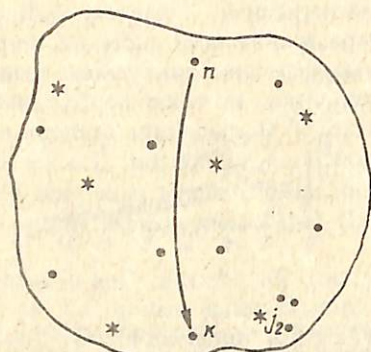


Рис. 7

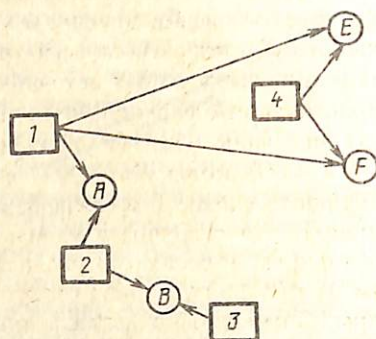


Рис. 8

Рис. 7. Упрощенная географическая схема *POS*: * - РТ, • - источник выбросов

Рис. 8. Иллюстрация ситуации "нахлебничества" при *POS*. A, B, E, F - РТ, 1 - 4 - источник выбросов

ухудшения качества воздуха там, где оно было лучше стандартного, как одного из способов экономии экологических затрат, присущего рынкам ЭЛ.

Сделки при *POS* осуществляются следующим образом. Фирмы сами подыскивают партнеров, а затем обращаются к МПО. МПО, используя модель диффузии выбросов, проверяет, не приведет ли та или иная сделка к превышению целевой концентрации хотя бы в одной РТ. Если нет, то сделки осуществляются. В противном случае заинтересованная сторона продолжает поиск, привлекая к сделке дополнительных участников. Например, если фирма k (см. рис. 7) покупает лицензии у фирмы n и моделирование сделки показывает, что ее следствием будет концентрация в РТ j_2 , превышающая $\min[q_{j_2}^*, q_{j_2}^0]$, то фирма k должна будет подыскивать дополнительного продавца ЭЛ в окрестностях этой РТ, согласного сократить свои выбросы в той мере, которая достаточна для установления в j_2 требуемой концентрации.

Способ начального распределения ЭЛ, как и их общее количество, авторы *POS* не называют*, однако доказывают, что независимо от этого способа распределение ЭЛ между фирмами *POS* достигает в равновесном состоянии оптимума. Последнее определяется экологическими издержками (издержки контроля за выбросами) фирм. Поэтому допуская одинаковые целевые векторы концентраций при *APS* и *POS*, можно убедиться, что обе эти системы будут иметь равные совокупные экологические издержки в регионе. Но *POS* приведет к оптимальному распределению за меньшее число шагов (сделок), чем *APS*, а следовательно, с меньшими издержками обслуживания сделок [17]. Это, безусловно, ее выгодно отличает.

* Это не является специфической проблемой данной системы: лицензии, например, можно распределить через аукцион, а общее количество определить посредством оговоренной выше итерационной процедуры.

Однако следует обратить внимание на то, что при POS МПО играет решающую роль в рыночных операциях, являясь их постоянным соучастником. Недовольные этим фирмы могут противостоять внедрению системы. Возможно, им придется выбирать между более значительными издержками по обслуживанию сделок при APS и более жестким контролем МПО при POS. Для МПО POS означает постоянные затраты на рыночное оперирование, но весьма возможно приемлемые, ведь процедура моделирования сделок – стандартная. В то же время высокая степень причастности к сделкам позволит МПО иметь самую полную информацию о текущих выбросах каждой фирмы, что поможет ему справиться с проблемой "free riding" ("нахлебничества").

Таковую проблему обнаружил у неконкурентных рынков ЭЛ при POS А.М. МакГартленд [15]. Суть ее в том, что поскольку при POS выбросы продаются как бы целиком, без дифференцирования по РТ, то могут появиться фирмы-загрязнители, бесплатно использующие результаты сделок других. В [15] приведен следующий пример. Качество воздуха небольшого участка региона регистрируется четырьмя РТ: *A, B, E, F*. На участке находятся четыре индивидуальных источника выбросов, все с различными дисперсионными характеристиками. Сферы влияния выбросов источников обозначены стрелками на рис. 8. Пусть источник 1 желает увеличить свои выбросы и покупает для этой цели ЭЛ у фирмы 2 и 4. Поскольку при POS фирма 2 продает в сущности определенную массу своих выбросов фирме 1, а сокращение их у 2 снизит концентрацию в РТ *A* и *B*, то, по справедливому утверждению А.М. МакГартленда [15], результатом сделки может воспользоваться фирма 3, бесплатно увеличив свои выбросы, т.е. становясь "free rider" ("нахлебником"). APS не позволила бы это сделать, поскольку для *A* и *B*, как и любой другой РТ, фирма 2 имела бы отдельные типы лицензий. Одну их часть, относящуюся к *A*, она продала бы фирме 1, а другую, относящуюся к *B*, могла оставить у себя до появления выгодного покупателя или положить в банк.

Но полная информированность МПО о текущих выбросах фирм при POS вряд ли позволит процветать "нахлебничеству". Так, моделируя сделку между фирмами 1 и 2, МПО узнает, какой в РТ должна стать концентрация. Поэтому любое ее фактическое превышение будет означать, что фирма 3 увеличила свои выбросы. А так как она не покупала лицензий для покрытия такого повышения, то МПО вправе наложить на эту фирму штраф. Получается, что POS имеет все теоретические основания быть эффективным инструментом контроля за выбросами.

Анализ рынков ЭЛ далек от завершенности, ибо реального воплощения они еще не получили. Основные выводы о свойствах этих рынков получены из имитационных моделей, в которых опущено немало коварных мелочей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Tietenberg T.H. Environmental and Natural Resource Economics. L., 1984.
2. Tietenberg T.H. Transferable Discharge Permits and the Control of Stationary Source Air Pollution: A Survey and Synthesis // Land Economics. 1980. V. 56. № 4.
3. Blackman S.A.B., Baumol W.J. Modified Fiscal Incentives in Environmental Policy // Land Economics. 1980. V. 56. № 4.
4. Mackintosh D.R. The Economics of Airborne Emissions: The Case of an Air Rights Market. N.Y., 1973.
5. Tietenberg T.H. Design of Property Rights for Air Pollution Control // Public Policy. 1974. V. 22.
6. Baumol W.J., Oates W.E. The Theory of Environmental Policy. New Jersey, 1975.
7. Tietenberg T.H. Controlling Pollution by Price and Standards Systems: A General Equilibrium Analysis // Swedish J. Economics. 1973. V. 75. № 6.
8. Tietenberg T.H. The Quasi-Optimal Price of Undepletable Externalities: Comment // The Bell J. Economics. 1978. V. 9.
9. Montgomery W.D. Markets in Licenses and Efficient Pollution Control Programs // J. Economic Theory. 1972. V. 5. № 12.
10. Noll R.G. Implementing Marketable Emissions Permits // Amer. Econ. Rev. 1982. V. 72. № 2.
11. Dales J.H. Pollution, Property and Prices. Toronto, 1968.
12. Anderson R.J. et al. An Analysis of Alternative Policies for Attaining and Maintaining a Short-Term NO₂ Standard. Report to the Council on Environmental Quality. New Jersey, 1979.

13. *Roberts M., Spence M.* Efficient Charges and Licenses Under Uncertainty // *J. Public Economics*, 1976. V. 95. (April/May).
14. *Atkinson S.E., Tietenberg T.H.* The Empirical Properties of Two Classes of Design for Transferable Discharge Permit Markets // *J. Environ. Econom. Manag.* 1982. V. 9. № 2.
15. *McGarland A.M.* A Comparison of Two Marketable Discharge Permits System // *J. Environ. Econom. Manag.* 1988. V. 1. № 1
16. *McGarland A.M., Oates W.E.* Marketable Permits for the Prevention of Environmental Deterioration // *J. Environ. Econom. Manag.* 1985. V. 12. № 3.
17. *Krupnick A.J., Oates W.E., Van De Verg E.* On Marketable Air-Pollution Permits: The Case for a System of Pollution Offsets // *J. Environ. Econom. Manag.* 1983. V. 10. № 3.
18. *Hersog H.W.* The Air Diffusion Model as an Urban Planning Tool // *Socio-Econom. Plan. Sci.* 1969. V. 3.

Поступила в редакцию
14 VI 1991