

# Основы экономики предотвращения экологических кризисов, зарождающихся в результате развития парникового эффекта в атмосфере Земли

Александр Викторович МЯСКОВ<sup>1\*</sup>  
Сергей Михайлович ПОПОВ<sup>2\*\*</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Россия, Москва

<sup>2</sup>Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, Россия, Москва

**Актуальность.** Развитие парникового эффекта в атмосфере Земли влечет за собой масштабные негативные последствия для жизнедеятельности цивилизации. Очевидная потребность в противодействии этому явлению сопряжена с необходимостью развития научно-технологического потенциала, поскольку современные технологии не позволяют предотвратить экологические кризисы. Поэтому необходима разработка антикризисных стратегий развития производственно-экологической деятельности, позволяющих избежать не только наступления экологических кризисов, связанных с развитием парникового эффекта, но и найти наиболее рациональные пути достижения этой цели.

**Цель исследования:** разработка основ методологии формирования и оценки вариантов антикризисных стратегий, экономико-математической модели оценки вариантов и создание механизма рыночного регулирования взаимоотношений между субъектами, участвующими в процессе управления движением парниковых газов Земли.

**Результаты.** Разработаны основы экономического обоснования предотвращения экологических кризисов, зарождающихся в результате развития парникового эффекта. В разработанных экономических основах рассмотрены вопросы, отражающие характер изменений, происходящих в атмосфере Земли, ведущих к изменению природной среды и зарождению экологических кризисов; экономическая природа формирования ущербов в результате развития парникового эффекта; основы экономического подхода к оценке состояния и перспектив развития экологически «чистого» производства; методологические основы формирования стратегий предотвращения экологических кризисов, зарождающихся в результате развития парникового эффекта в атмосфере Земли; формирование экономико-математической модели оценки вариантов стратегий по предотвращению экологических кризисов; эколого-экономический механизм обеспечения устойчивости стратегий по предотвращению экологических кризисов.

**Выводы.** Разработанный механизм эколого-экономического регулирования взаимоотношений между субъектами, участвующими в процессе управления движением парниковых газов Земли, может быть использован для обеспечения устойчивости реализации антикризисных стратегий.

**Ключевые слова:** парниковый эффект, экологический кризис, предотвращение экологических кризисов.

**В**ведение

В настоящее время одним из наиболее масштабных негативных процессов происходящих в окружающей нас природной среде, является процесс изменения климата [1, 2]. Неуправляемый процесс в этой области может или, скорее, неминуемо может привести к формированию глобального экологического кризиса, влекущего за собой необходимость создания новой искусственной среды для жизнедеятельности человека [3]. Поэтому поиск решений по эколого-экономически обоснованному предотвращению экологического кризиса является одной из актуальнейших проблем современности. В соответствии с результатами многочисленных исследований в этой области знаний изменение климата планеты сопряжено с развитием так называемого «парникового эффекта» [4], вызванного повышением содержания CO<sub>2</sub> [5]. Современные знания в этой области свидетельствуют о наличии двух масштабных источников поступления CO<sub>2</sub> в атмосферу Земли: природных объектов (вулканы, болота и др.) и техногенных объектов (преимущественно от теплоэлектростанций) [6]. При этом в настоящее время последовательное увеличение объемов выброса CO<sub>2</sub> в атмосферу характерно только для техногенных объектов [7]. Границы насыщения атмосферы Земли выбросами CO<sub>2</sub>, после которых произойдут необратимые изменения, теоретически существуют [8]. Однако в отношении конкретных оценок величины предельного насыщения атмосферы парниковыми газами в настоящее время мнения специалистов расходятся [9, 10]. В то же время не вызывает сомнения понимание того, что объективно существуют пределы насыщения атмосферы, после которых она утратит способность восстанавливаться [11]. Таким образом, под «экологическим кризисом» следует понимать некоторый рубеж (предел) изменений в атмосфере, являющихся следствием негативного воздействия парниковых газов, после которого ее восстановление станет невозможным в обозримом будущем или вообще никогда. В соответствии с теоретическими представлениями в окружающей нас природной среде возможны три вида экологических кризисов: глобальные, локальные и комплексные. Глобальные кризисы – это пределы нарушения состояния отдельных составляющих окружающей природной среды (ОПС) Земли, за которыми уже невозможно восстановление их природного функционала, т. е. дальнейшее существование биосферы будет вынуждено адаптироваться к иной ОПС. Или, иными словами, пределов, за которыми для продолжения функционирования цивилизации потребуются уже создавать искусственную воздушную среду обитания для человека. Локальные кризисы – это пределы нарушения состояния отдельных составляющих окружающей природной среды некоторых территорий (например, мегаполисов), за которыми уже невозможно восстановление их природного функционала, т. е. дальнейшее существование цивилизации в таких городах должно будет предпринимать действия по созданию искусственной атмосферы или иные действия, например, по деурбанизации своей производственно-хозяйственной деятельности. Комплексные кризисы (локально-глобальные кризисы) – это кризисы, возникающие в части атмосферы над некоторыми участками территорий (городов), которые достигают предельно допустимых уровней загрязнения в результате совместного проявления

✉ [floranimal@rambler.ru](mailto:floranimal@rambler.ru)

 <http://orcid.org/0000-0002-8520-3653>

\*\* [s.popov@inbox.ru](mailto:s.popov@inbox.ru)

 <http://orcid.org/0000-0003-0689-3260>

**Источники формирования ущербов от последствий, связанных с развитием парникового эффекта в атмосфере Земли.  
Sources of damage from the effects associated with the development of the greenhouse effect in the Earth's atmosphere.**

Характеристика нарастающих негативных экологических последствий, вызванных усилением парникового эффекта

Сферы окружающей среды обитания	Область происходящих изменений	Содержание изменений
Гидросфера	Изменение структуры гидросферы	Уменьшение твердых форм (лед) Увеличение объема вод Увеличение атмосферных вод (пары воды)
	Изменение динамики процессов водообмена	Рост зон понижения водообмена (опустынивание) Рост зон повышенного водообмена (низины, прибрежные зоны)
Земная поверхность	Изменение структуры земной поверхности	Рост количества и площади пустынь Уменьшение зон с/х назначения
	Изменение динамики изменения зон земной поверхности	Увеличение скорости роста пустынь
Земная кора	Колебания земной коры	Разрушение на земной поверхности
	Движение земной коры	Опускание земной поверхности (затопление) Подъем земной коры
Атмосфера	Изменение структуры атмосферы	Увеличение содержания CO <sub>2</sub> , пыли и других веществ в атмосфере Земли Появление зон (уровней) с повышенной концентрацией веществ (CO <sub>2</sub> , смог и т. п.)
	Изменение динамики движения атмосферных масс	Рост количества случаев повышенного движения (ураганы и т. п.) Рост количества, площади и времени временно образующихся зон застоя (смог и т. п.)

негативных процессов в атмосфере Земли и в локальных частях атмосферы мегаполисов. Дальнейшее существование цивилизации в таких городах также должно будет предпринимать действия по созданию искусственной атмосферы или иные действия, например, по деурбанизации своей производственно-хозяйственной деятельности.

В результате климатических изменений в периоды до экологических кризисов неизбежно формирование различных ущербов для жизнедеятельности человека, основные источники происхождения которых представлены в *таблице*.

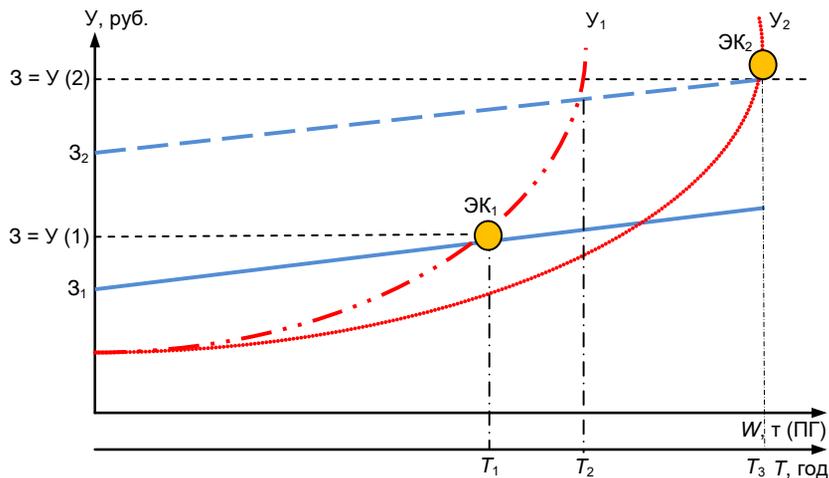
Исследование многообразия ущербов, образующихся в результате развития парникового эффекта, с точки зрения их важности для жизнедеятельности человека, позволяет сделать заключение о том, что они могут быть типизированы по таким наиболее значимым для их формирования признакам, как область (источник) происхождения (формирования); продолжительность образования ущербов; вид значимости (область ценности) для жизнедеятельности цивилизации; наличие возможности возмещения нанесенного ущерба. В настоящее время, несмотря на достигнутые соглашения по ограничению выброса парниковых газов и директивные нормативы, определяющие ограничения по выбросам парниковых газов странам-участницам этих соглашений, рост объемов выбросов парниковых газов продолжается. Соответственно вероятность наступления экологического кризиса в результате развития парникового эффекта последовательно возрастает [12].

Среди основных источников образования парниковых газов (управляемых, слабоуправляемых и неуправляемых) доминирующую роль играет производство энергии. В настоящее время сложилась устойчивая структура способов (технологий) получения энергии. В соответствии с этой структурой значительная доля приходится на технологи, базирующиеся на сжигании углеводородного топлива (уголь, газ, нефть, биотопливо и т. п.) [13]. В соответствии с программами развития энергетики большинство стран Земли по-прежнему предусматривают использование углеводородов в качестве основного вида топлива для получения энергии. Поэтому процессы развития парникового эффекта в атмосфере Земли будут продолжаться [7]. В то же время последовательно развивается потенциал цивилизации, который может быть использован для противодействия развитию парникового эффекта [14]. В настоящее время следует выделить три качественно отличных друг от друга вида направлений деятельности, направленных на повышение экологичности жизнедеятельности. К первому из них можно отнести деятельность, направленную на снижение объемов производства парниковых газов. Ко второму – на недопущение поступления в атмосферу образующихся парниковых газов [15]. К третьему – на увеличение объемов извлечения (связывания) парниковых газов из атмосферы Земли. Исследование состояние и перспектив развития этих направлений деятельности позволяет сделать выводы о том, что их применение в настоящее время еще не отличается масштабностью и большой значимостью с точки зрения возможности предотвращения экологических кризисов в силу их высокой стоимости и потребности в повышении эффективных существующих технологий [16].

### Результаты

**Методологические основы формирования стратегий предотвращения экологических кризисов, зарождающихся в результате развития парникового эффекта в атмосфере Земли**

Современный и будущий спектр социально-технологического-экономико-экологических взаимоотношений в сфере производства энергии базируется на двух объективно устойчивых тенденциях, оказывающих наибольшее влияние на развитие парникового эффекта в атмосфере Земли. Это устойчивый прирост потребности цивилизации в производстве и потреблении энергии [17]. Отсюда следует, что для удовлетворения растущих потребностей цивилизации ежегодно увеличиваются и затраты на производство энергии, величина которых соразмерна с существующей и планируемой



**Рисунок 1. Характеристика тенденций и соотношения приростов суммарных затрат на производство энергии и поглощение CO<sub>2</sub> и ущербов от парникового эффекта.**  
**Figure 1. Characterization of trends and the ratio of increments in total costs of energy production and CO<sub>2</sub> absorption and damage from the greenhouse effect.**

структурой мощностей по производству энергии. Кроме того, в ежегодный прирост расходов, связанных с производством энергии, следует включить затраты на НИР, на некоторое увеличение доли экологически чистых технологий производства энергии, на расширение масштабов использования энергоэкономных материально-технических ресурсов и оборудования и т. д. В то же время рассмотренные тенденции сопряжены с негативной тенденцией роста ущербов, образующихся в результате развития парникового эффекта в атмосфере Земли [18]. Таким образом, в предстоящий период времени дальнейший рост затрат на производство энергии  $Z_1$  и ущербов  $Y_1$  приведет к их пересечению в точке ЭК<sub>1</sub>, поскольку темпы роста ущербов значительно выше темпов прироста затрат (рис. 1).

Место пересечения тенденций роста затрат  $Z_1$  и ущербов  $Y_1$  представляет собой точку ЭК<sub>1</sub> или, скорее всего, некоторую область экологического кризиса, вызванного парниковым эффектом. С точки зрения экономики производство энергии после прохождения этой точки времени станет экономически невыгодным, что может стать объективной преградой для дальнейшего развития цивилизации (например, связанной с необходимостью создания зон в среде обитания с искусственной атмосферой; кардинальным изменением производственной и социальной инфраструктуры и т. п.). То есть в развитии цивилизации неизбежно должны будут произойти кардинальные изменения, связанные с резким сужением среды обитания. Кроме того, после прохождения точки ЭК<sub>1</sub> возврат к прежнему состоянию окружающей среды станет невозможным, поскольку в будущем цивилизации нет признаков создания научно-технического и экономического потенциала, который бы позволил изменить среду обитания.

Разработка стратегий предотвращения экологических кризисов неразрывно связана с необходимостью дополнительных затрат и усилий цивилизации. Поэтому деятельность, направленная на предотвращение экологического кризиса, позволяющая тем самым снизить размер образующихся ущербов  $Y_2$ , неизбежно приведет к последовательному росту суммарных затрат  $Z_2$  (рис. 1).

Реализация антикризисных стратегий, безусловно, позволит избежать экологического кризиса ЭК<sub>1</sub> в некоторый период времени  $T_1$ , но в связи с тем, что она, скорее всего, также не будет предусматривать полного прекращения поступления парниковых газов в атмосферу, избежать высокой вероятности наступления экологического кризиса является невозможным. Таким образом, при новом, более высоком уровне затрат на производство энергии и сопряженными с этим другими видами деятельности ( $Z_2$ ), возникновение экологического кризиса ЭК<sub>2</sub> может быть отсрочено на более отдаленный период времени  $T_2$  [19].

Таким образом, при современном уровне развития науки и техники полностью избежать экологических кризисов в атмосфере в связи с ростом парникового эффекта не представляется возможным. Но возможна их отсрочка, в том числе на длительный период времени, за который в результате развития научно-технического прогресса технологические возможности цивилизации могут быть подняты на неизмеримо более высокий уровень.

**Экономико-математическая модель оценки вариантов стратегий по предотвращению экологических кризисов**

Разработка стратегий по производству энергии, позволяющих предотвратить возникновение экологического кризиса в результате развития парникового эффекта в атмосфере Земли, сопряжена с поиском рациональной соразмерности суммарных затрат на производство энергии и снижение негативного воздействия на атмосферу с величиной образующихся при этом ущербов. Поскольку стратегии бескризисного развития энергетики предполагает возможность ее реализации посредством формирования комплекса работ, различных как по сферам деятельности, так и по предполагаемым объемам и времени выполнения работ, то поиск рациональных вариантов целесообразно осуществлять на базе методов экономико-математического моделирования. С этой целью разработана экономико-математическая модель, позволяющая находить наиболее эффективные варианты стратегии бескризисного развития энергетики на любой наперед заданный период времени.

В качестве целевой функции модели принята максимизация разницы между суммарной величиной затрат на развитие мощностей по производству энергии, затрат на мероприятия по снижению уровня парниковых газов в атмосфере Земли и суммарной величиной всех видов ущербов на любой наперед заданный период времени [19].

В соответствии с изложенным целевая функция может быть представлена выражением:

$$0 < \sum_t^T \left\{ \sum_n^N Z_{tm} 1 / (1+e)^t + \sum_m^M Z_{tm} 1 / (1+e)^t - \sum_k^K Y_{tk} 1 / (1+e)^t \right\} \Rightarrow \min.$$

где  $i, n, m, k, t$  – индексы вариантов антикризисной стратегии, объектов по производству энергии ( $n = 1 \dots N$ ), мероприятий по снижению уровня парниковых газов в атмосфере ( $m = 1 \dots M$ ) соответственно; видов ущербов, образующихся в результате роста выбросов газов ( $k = 1 \dots K$ ); года, в течение которого предполагается проведение соответствующих действий ( $t = 1 \dots T$ );  $e$  – ставка дисконтирования;  $Z_{tm}$  – затраты производителя, связанные с обеспечением прироста объемов производимой энергии, руб.;  $Z_{tm}$  – затраты субъектов, выполняющих мероприятия по снижению уровня парниковых газов в атмосфере Земли, руб.;  $Y_{tk}$  – размер отдельно взятого ущерба, образующегося при рассмотрении варианта антикризисной стратегии, руб.

Реализация предложенной целевой функции может быть осуществлена при условии выполнения следующих ограничений.

1. По условию обеспечения растущих потребностей цивилизации в необходимой величине прироста производства энергии.

$$Q_{i(t+1)} / Q_t \geq F_t,$$

где  $Q_{i(t+1)}$  – объем предполагаемого варианта антикризисной стратегии производства энергии в предстоящем году, ГВт;  $Q_t$  – объем производства энергии в текущем году, ГВт;  $F$  – коэффициент прироста потребности в энергии в рассматриваемый период времени, доли ед.

2. По условию неперевышения фонда расходов рассматриваемого варианта антикризисной стратегии предполагаемых (прогнозируемых) инвестиций в этой сфере деятельности.

$$\sum_n \sum_m (Z_{in} + Z_{im}) \leq \sum_j I_{ij},$$

где  $j$  – источники финансирования различных видов деятельности по варианту рассматриваемой антикризисной стратегии;  $I$  – размер предполагаемого финансирования из рассматриваемых источников поступления средств, руб.

3. По соответствию затрат на производство энергии предполагаемому объему прироста производства энергии для различных видов технологий.

$$Z_{in} = f(\Delta Q_{in}).$$

4. По соответствию затрат на снижение уровня парниковых в атмосфере Земли, предполагаемого варианта антикризисной стратегии для различных видов технологий в этой сфере деятельности.

$$Z_{im} = f(\Delta W_{im}),$$

где  $\Delta W_m$  – объем снижения уровня парниковых газов в атмосфере Земли по различным видам природоохранных технологий предусмотренными в антикризисной стратегии, усл. ед.

5. По соответствию размера различных видов ущербов параметрам рассматриваемого варианта антикризисной стратегии

$$Y_{ik} = f(\Delta Q_{in} [\Delta W_{in} - \Delta W_{im}]),$$

где  $\Delta W_n$  – объем прироста парниковых газов, поступающих в атмосферу Земли по различным видам прироста производства энергии, усл. ед.

Приведенная экономико-математическая модель позволяет производить оценку и выбор эколого-экономически наиболее предпочтительного варианта антикризисной стратегии с точки зрения интересов цивилизации, а это, в свою очередь, делает возможным производить распределение и перераспределение функций по производству энергии и снижению уровня парниковых газов в атмосфере Земли между различными субъектами хозяйственной деятельности в соответствии с их текущими и фрагментарными интересами [20].

#### **Эколого-экономический механизм обеспечения устойчивости реализации стратегий по предотвращению экологических кризисов**

Для получения возможности регулирования процессов образования и поглощения парниковых газов предложен метод обеспечения баланса объемов образования и поглощения парниковых газов в производственно-хозяйственной деятельности с учетом ограничений, предусмотренных в рамках стратегий предотвращения экологических кризисов. Для обеспечения возможности контроля и учета движения газов предложено использовать в качестве единицы измерения объемов газа некоторую единицу измерения – «квота». В разработанном эколого-экономическом механизме для учета движения парниковых газов предусмотрено применение различных по функциональному предназначению «квот». В качестве одних из них приняты базовые квоты на выбросы парниковых газов, суммарный объем которых принимается в рамках принятых антикризисных стратегий. В качестве других – дополнительные квоты на выбросы парниковых газов, объем образования которых формируется в соответствии с коммерческими интересами участников хозяйственной деятельности, занятых созданием производств по потреблению (поглощению, устранению и т. п.) парниковых газов.

В соответствии с изложенным сделано предположение о том, что весь процесс контроля и регулирования движением парниковых газов между субъектами – его производителями и субъектами – его «потребителями» может быть построен с использованием двух рассмотренных видов квот. При этом в качестве исходного варианта распределения указанных ранее двух видов квот между всеми субъектами этой сферы хозяйственной деятельности может быть принят баланс в их соотношении, который имеет место в текущий период времени. Весь дальнейший процесс перераспределения квот между всеми субъектами хозяйственной деятельности сопряжен с новыми параметрами принимаемых стратегий по предотвращению экологических кризисов в атмосфере Земли. При этом, поскольку производственные, научно-технические и экономические потенциалы, а также экономические интересы участников этого процесса различны, то для поиска варианта сбалансированности всех этих параметров природоохранной и хозяйственной деятельности предложено использовать механизм рыночного регулирования, состоящего из комплекса рынков [13] (рис. 2).

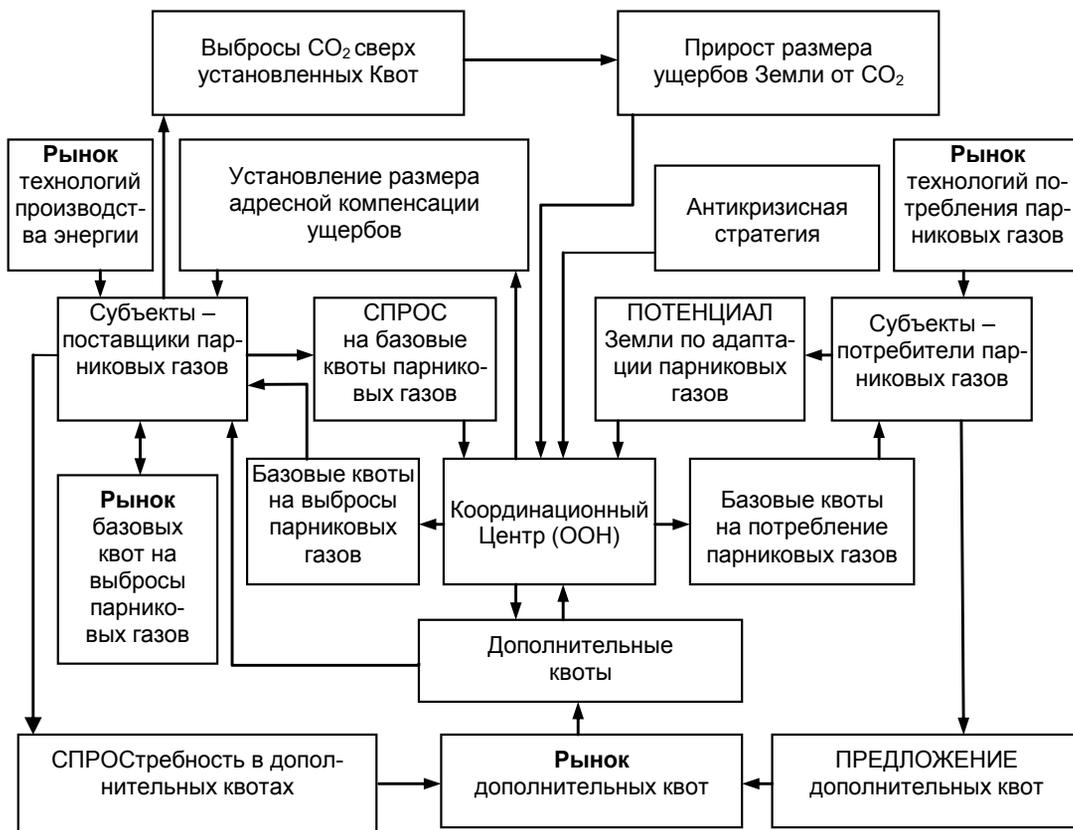
В формируемый эколого-экономический механизм предложено включить такие рынки, как рынок базовых квот на выбросы парниковых газов (с ограниченным объемом квот в рамках принятых антикризисных стратегий); рынки технологий по производству энергии и потреблению (поглощению парниковых газов), спрос на которые сопряжен с требованиями принимаемых антикризисных стратегий; рынок дополнительных квот на выбросы парниковых газов, образующихся в результате научно-технической, предпринимательской деятельности по созданию и применению экологически «чистых» технологий. Включение в систему экономических отношений между субъектами процесса управления парниковыми газами предложенных рыночных инструментов позволит существенно облегчить решения задач по учету интересов всех субъектов – участников процесса управления движением парниковых газов Земли.

В соответствии с изложенным сформирован механизм эколого-экономического регулирования взаимоотношений между субъектами, участвующими в процессе управления движением парниковых газов Земли. Представленный механизм позволяет обеспечить устойчивость реализации антикризисных стратегий за счет комплекса отдельных механизмов рынка, позволяющих учитывать как производственно-экономические, так и коммерческие интересы всех участников этой сферы деятельности при соблюдении баланса в распределении и перераспределении квот на выбросы парниковых газов в соответствии с принятыми ограничениями.

Достоинством этого механизма является возможность учета параметров как принятых, так и будущих антикризисных стратегий при организации взаимодействия всех субъектов – участников этой сферы деятельности на основе предложенных рыночных инструментов, позволяющих учитывать динамичность их возможностей и интересов.

**Выводы**

В результате проведения системного анализа причинно-следственных связей образования и развития парникового эффекта в атмосфере Земли сформирована база знаний, позволяющая выполнять экономическую оценку затрат и



**Рисунок 2. Эколого-экономический механизм рыночного регулирования взаимоотношений между субъектами, участвующими в процессе управления движением парниковых газов Земли.**

**Figure 2. Ecological and economic mechanism of market regulation of the relationship between entities involved in the process of controlling the movement of greenhouse gases of the Earth.**

ущербов для любых сценариев развития хозяйственной деятельности, влияющей на состояние атмосферы. Разработаны основы экономической методологии формирования и оценки вариантов антикризисных стратегий развития производственно-хозяйственной деятельности. Разработана экономико-математическая модель оценки вариантов антикризисных стратегий в развитии энергетической и природоохранной деятельности на любой заранее заданный период времени. Сформирован эколого-экономический механизм рыночного регулирования взаимоотношений между субъектами, участвующими в процессе управления движением парниковых газов Земли.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов С. М. Парниковый эффект: открытие, развитие концепции, роль в формировании глобального климата и его антропогенных изменений // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2015. Т. 2. С. 103–126.
2. Schwartz S. E. Resource Letter Gecc-2: The greenhouse Effect and Climate Change: The Intensified Greenhouse Effect // *American Journal of Physics*. 2018. Т. 86, № 9. С. 645–656. <https://doi.org/10.1119/1.5045577>
3. Октябрьский В. П. Новый взгляд на парниковый эффект // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки*. 2016. № 2 (242). С. 82–86.
4. Tushinskaya L. A., Palkin M. M. Greenhouse effect and the climate change // *Пироговские чтения: материалы XXIV науч. конф. студентов и молодых исследователей*. 2018. С. 225–228.
5. Дьячкова Т. В., Берсенева И. А. Парниковый эффект: причины, последствия, прогнозы // *Глобальные проблемы экологии: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием*. 2016. С. 34–43.
6. Li J. W., Cao Y. C., Zhu Y. Q., Xu C., Wang L. X. System dynamic analysis of greenhouse effect based on carbon cycle and prediction of carbon emissions // *Applied Ecology and Environmental Research*. 2019. Т. 17, № 2. С. 5067–5080.
7. Фисенко О. И., Миантела Ф. Н., Шкуропий О. И. Парниковый эффект: причины, последствия, меры противодействия // *Экологическая безопасность современной цивилизации: угрозы, факторы и пути обеспечения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. КубГАУ*. 2018. С. 34–37.
8. Kodama T., Genda H., O'ishi R., Abe-Ouchi A., Abe Y. The threshold of the runaway greenhouse effect for earth-like planets // *Девятый Московский симпозиум по Солнечной системе: сб. тезисов*. 2018. С. 68.
9. Гобеджишвили Г. Т. Парниковый эффект и глобальное потепление климата // *Актуальные проблемы международно-правового регулирования охраны окружающей среды и природопользования: сб. науч. трудов. Ростов н/Д*, 2017. С. 39–44.
10. Кудряшов С. А., Трушкина И. А. Парниковый эффект и климат Земли // *Уральская горная школа – регионам: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф.* 2017. С. 992–993.
11. Cao Y., Liang S., Chen X., He T., Wang D., Cheng X. Enhanced wintertime greenhouse effect reinforcing Arctic amplification and initial sea-ice melting // *Scientific Reports*. 2017. Т. 7, № 1. 8462. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08545-2>
12. Ганненко В. И., Сидорова А. А., Анахаева И. А., Маликова К. Б., Филимонов А. А. Парниковый эффект в атмосфере Земли // *Актуальные проблемы обеспечения безопасности в техносфере и защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях: сб. науч. трудов по материалам Всерос. науч.-практ. конф.* 2017. С. 15–16.
13. Вишневецкая Ю. С. Как индустриализация влияет на природу // *Материалы междунар. науч. конф. науч.-пед. работников АГТУ*. 2016. С. 29–30.
14. Рышков В. И., Сидоркин О. А., Копин Д. С. Водородное топливо – один из путей решения энергетических проблем будущей мировой энергетики // *Комплексные проблемы техносферной безопасности: материалы Междунар. науч.-практ. конф.* 2017. С. 162–165.
15. Гордон Б. Парниковый эффект и возобновляемая энергетика // *Энергонадзор*. 2017. № 11/12. С. 16–18.
16. Преображенский Б. Г., Толстых Т. О., Шмелева Н. В. Обеспечение устойчивости в развитии региональных промышленных систем // *Регион: системы, экономика, управление*. 2019. № 2 (45). С. 12–17.
17. Ефимов В. И., Коробова О. С., Попов С. М., Ефимова Н. В. Методологический подход к моделированию процессов природопользования // *Изв. ТулГУ. Науки о Земле*. 2017. № 4. С. 18–27.
18. Донченко И. С., Василенко И. И. Парниковый эффект: сущность, прогнозы и последствия // *Материалы Междунар. студ. науч. конф. Белгород. гос. аграрного ун-та*. 2016. 129 с.
19. Мясков А. В., Попов С. М. Формирование эколого-экономического алгоритма предотвращения экологических кризисов, зарождающихся в результате изменения климата Земли // *Экономика и управление инновациями*. 2018. № 1. С. 16–25.
20. Толстых Т. О., Малкова Т. Б., Астафьев И. В. Системные конфликты мотивационных свойств продуктов энергетических компаний // *Вестник РГТЭУ*. 2011. № 5 (54). С. 141–149.

*Статья поступила в редакцию 01 ноября 2019 года*

# Fundamentals of economics to prevent environmental crises arising from the development of the greenhouse effect in the Earth's atmosphere

Aleksandr Viktorovich MYASKOV<sup>1\*</sup>  
Sergey Mikhailovich POPOV<sup>2\*\*</sup>

<sup>1</sup>National University of Science and Technology MISiS, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Russian State Geological Prospecting University, Moscow, Russia

**Relevance.** The development of the greenhouse effect in the Earth's atmosphere entails large-scale negative consequences for the life of civilization. The obvious need to counter this phenomenon is associated with the need to develop scientific and technological potential, since modern technology does not allow to prevent environmental crises. Therefore, it is necessary to develop anti-crisis strategies for the development of production and environmental activities that will help to avoid not only the onset of environmental crises associated with the development of the greenhouse effect, but to find the most rational ways to achieve this goal as well.

**Purpose of the study:** development of foundations of a methodology for the formation and evaluation of options for anti-crisis strategies, an economic and mathematical model for evaluating options and the creation of a mechanism for market regulation of relationships between entities involved in the process of controlling the movement of greenhouse gases.

**Results.** The foundations of a business justification for the prevention of environmental crises arising as a result of the development of the greenhouse effect have been developed. The developed economic foundations address issues reflecting the nature of changes occurring in the Earth's atmosphere, leading to changes in the natural environment and the emergence of environmental crises; the economic nature of the damage resulting from the development of the greenhouse effect; the fundamentals of an economic approach to assessing the state and prospects for the development of environmentally friendly production; the methodological basis for the formation of strategies to prevent environmental crises arising as a result of the development of the greenhouse effect in the Earth's atmosphere; the formation of an economic and mathematical model for evaluating options for strategies to prevent environmental crises; ecological and economic mechanism for ensuring the sustainability of strategies to prevent environmental crises.

**Conclusions.** The developed mechanism of environmental and economic regulation of relations between entities involved in the process of controlling the movement of greenhouse gases of the Earth can be used to ensure the sustainability of the implementation of anti-crisis strategies.

**Keywords:** greenhouse effect, ecological crisis, prevention of ecological crises.

## REFERENCES

1. Semenov S. M. 2015, Greenhouse effect: discovery, concept development, role in the formation of the global climate and its anthropogenic changes, *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya* [Fundamental and applied climatology], vol.2, P. 103–126. (In Russ.)
2. Schwartz S. E. 2018, Resource Letter Gecc-2: The greenhouse Effect and Climate Change: The Intensified Greenhouse Effect. *American Journal of Physics*. Vol. 86, No. P. 645–656. <https://doi.org/10.1119/1.5045577>
3. Oktyabrskiy V. P. 2016, A new look at the greenhouse effect. *Nauchno-tehnicheskiye vedomosti SPbGPU* [St. Petersburg Polytechnic University Journal of Engineering Science and Technology], Physics and Mathematics Sciences. No 2 (242). P. 82–86. (In Russ.)
4. Tushinskaya L. A., Palkin M. M. 2018, *Greenhouse effect and the climate change*. Pirogov readings: proceedings of the XXIV scientific conference for students and young researchers. P. 225–228.
5. Dyachkova T. V., Berseneva I. A. *Parnikovyy effekt: prichiny, posledstviya, prognozy. Global'nyye problemy ekologii* [The greenhouse effect: causes, consequences, forecasts. Global environmental problems], proceedings of the All-Russian Scientific conference with international participation. P. 34–43
6. Li J. W., Cao Y. C., Zhu Y. Q., Xu C., Wang L. X. 2019, *System dynamic analysis of greenhouse effect based on carbon cycle and prediction of carbon emissions // Applied Ecology and Environmental Research*. Vol. 17, No. P. 5067–5080.
7. Fisenko O. I., Miantela F. N., Shkurupiy O. I. 2018, *Parnikovyy effekt: prichiny, posledstviya, mery protivodeystviya. Ekologicheskaya bezopasnost' sovremennoy tsivilizatsii: ugrozy, faktory i puti obespecheniya* [The greenhouse effect: causes, consequences, countermeasures. Ecological safety of modern civilization: threats, factors and ways to ensure], P. 34–37.
8. Kodama T., Genda H., O'ishi R., Abe-Ouchi A., Abe Y. 2018, *The threshold of the runaway greenhouse effect for earth-like planets*. Ninth Moscow Solar System Symposium: Abstracts. P. 68.
9. Gobejshvili G. T. 2017, *Parnikovyy effekt i global'naya potepeniye klimata. Aktual'nyye problemy mezhdunarodno-pravovogo regulirovaniya okhrany okruzhayushchey sredy i prirodopol'zovaniya* [The greenhouse effect and global warming. Actual problems of international legal regulation of environmental protection and nature management], book of reports. Rostov on-Don, P. 39–44.
10. Kudryashov S. A., Trushkina I. A. 2017, *Parnikovyy effekt i klimat Zemli. Ural'skaya gornaya shkola – regionam* [The greenhouse effect and the Earth's climate. Ural Mining School – to regions], book of reports, International scientific conference. P. 992–993.
11. Cao Y., Liang S., Chen X., He T., Wang D., Cheng X. 2017, *Enhanced wintertime greenhouse effect reinforcing Arctic amplification and initial sea-ice melting*. *Scientific Reports*. Vol. 7, No. 8462. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08545-2>
12. Gannenko V. I., Sidorova A. A., Anahaeva I. A., Malikova K. B., Filimonov A. A. 2017, *Parnikovyy effekt v atmosfere Zemli. Aktual'nyye problemy obespecheniya bezopasnosti v tekhnosfere i zashchity naseleniya i territoriy v chrezvychaynykh situatsiyakh* [The greenhouse effect in the Earth's atmosphere. Actual problems of ensuring safety in the technosphere and protecting the population and territories in emergency situations], book of reports according to the proceedings of the All-Russian scientific conference. P. 15–16.
13. Vishnevskaya Yu. S. 2016, *Kak industrializatsiya vliyayet na prirodu* [The way industrialization affects nature], proceedings of international scientific conferences of educators], P. 29–30.
14. Ryshkov V. I., Sidorkin O. A., Kopin D. S. 2017, *Vodorodnoye toplivo – odin iz putey resheniya energeticheskikh problem budushchey mirovoy energetiki. Kompleksnyye problemy tekhnosfernoy bezopasnosti* [Hydrogen fuel is one of the ways of solving energy problems of future world energy. Complex problems of technosphere safety], proceedings of International scientific conference. P. 162–165.
15. Gordon B. 2017, *Greenhouse effect and renewable energy. Energonadzor* [Energy audit], No 11/12. P. 16–18. (In Russ.)

✉ [floranimal@rambler.ru](mailto:floranimal@rambler.ru)

<http://orcid.org/0000-0002-8520-3653>

\*\* [s.popov@inbox.ru](mailto:s.popov@inbox.ru)

<http://orcid.org/0000-0003-0689-3260>

16. Preobrazhensky B. G., Tolstykh T. O., Shmeleva N. V. 2019, Sustainability in the development of regional industrial systems. Region: sistemy, ekonomika, upravleniye [Region: systems, economics, management], No 2 (45). P. 12–17. (In Russ.)
17. Efimov V. I., Korobova O. S., Popov S. M., Efimova N. V. 2017, Methodological approach to modeling environmental management processes. Izvestiya Tula State University [Proceedings of the TSU], Earth Sciences. No 4. P. 18–27. (In Russ.)
18. Donchenko I. S., Vasilenko I. I. 2016, *Parnikovyj effekt: sushchnost', prognozy i posledstviya* [Greenhouse effect: essence, forecasts and consequences], proceedings of the International Student scientific conference, 129 p.
19. Myaskov A. V., Popov S. M. 2018, Formation of ecological and economic algorithm of prevention of ecological crises arising as a result of change of the climate of the Earth. *Ekonomika i upravleniye innovatsiyami* [Economics and Innovation Management], No 1. Pp. 16–25. (In Russ.)
20. Tolstykh T. O., Malkova T. B., Astafiev I. V. 2011, Systemic conflicts of the motivational properties of products of energy companies. *Vestnik RGTEU* [Vestnik of the Russian State University of Trade and Economy], No 5 (54). P. 141–149. (In Russ.)

*The article was received on November 01, 2019*