

УДК 504.7

Н.Н. Ильшева¹*Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия***Е.В. Балдеску²***Сургутский научно-исследовательский и проектный институт,
г. Сургут, Россия*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ С УЧЕТОМ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА

Аннотация. В статье рассмотрена проблема глобального потепления. Целью данного исследования является совершенствования методического инструментария количественной оценки выбросов парниковых газов. Обоснована актуальность задачи смягчения антропогенных изменений климата, вызванных повышением концентрации парниковых газов в атмосфере. Проанализированы статистические данные по объемам выбросов за последние пятнадцать лет и выявлены тенденции их изменений. Определена причина роста объемов выбросов парниковых газов и основной вкладчик – энергетика. Приведено описание механизма влияния парниковых газов на климатическую систему. Унифицированы требования международных соглашений и российских документов, нацеленные на снижение выбросов парниковых газов. Определены основные газы, вызывающие парниковый эффект, приведена их классификация и краткая характеристика. Обоснована необходимость развития системы мониторинга и отчетности выбросов парниковых газов на глобальном уровне. Целью создания совершенной системы учета является получение актуальных и достоверных данных для своевременного реагирования и планомерного снижения объемов выбросов парниковых газов. Проанализированы методические указания и руководство по количественному определению объема выбросов парниковых газов организациями, утвержденные Минприроды России, с точки зрения их применимости на корпоративном уровне в энергетическом секторе. Предложены меры совершенствования методических указаний и руководства РФ, основанные на анализе международного опыта построения руководящих принципов по инвентаризации парниковых газов МГЭИК. Полученные результаты могут представлять интерес для компаний энергетического сектора при разработке корпоративных руководств по количественному определению выбросов парниковых газов. Дальнейшие исследования в этой области могут дать более глубокие результаты, которые следует использовать для оценки и прогнозирования выбросов парниковых газов не только на корпоративном уровне, но и на национальном.

Ключевые слова: окружающая среда; устойчивое развитие; глобальное потепление; парниковые газы; парниковый эффект; изменение климата; система мониторинга; методический инструментарий; загрязнение атмосферного воздуха; промышленные выбросы.

Введение

Прогрессирующие темпы роста численности населения влекут за собой увеличение запросов на ресурсы. Для создания благоприятных условий социально-экономической жизни общество наращивает объемы промышленного производства,

которое сопровождается истощением глобальной ресурсной базы и загрязнением окружающей среды [1]. Для осуществления производственной деятельности компании используют энергетические ресурсы [2; 3]. При сжигании различных видов топлива в атмосферу выбрасываются парнико-

вые газы, которые являются причиной изменения климата.

14 ноября 2016 г. Global Carbon Project (организация основана в 2001 г., стремится дать количественную оценку глобальных выбросов углерода и их причины) опубликовал ежегодный глобальный углеродный бюджет и национальные эмиссии углерода [4]. С помощью переводного коэффициента (1 млрд т C = 3,664 млрд т CO₂) выбросы углерода можно трансформировать в выбросы углекислого газа.

Анализируя общемировые тенденции, следует отметить замедление темпов роста выбросов углекислого газа в последние годы (рис. 1).

Наибольший вклад в общемировые выбросы углекислого газа вносят Китай, США, Индия и Россия (табл. 1). Во многом измене-

ния в объемах общемировых выбросов следует связывать с изменениями в экономических ситуациях упомянутых стран. Эмиссия углекислого газа Китая составляет 28,3 % в мировом объеме, как следствие, тенденции в китайской экономике непосредственно влияют на объемы глобальных выбросов. Причиной стабилизации на уровне 36,1 млрд т в последние годы исследователи считают деятельность Китая, связанную с замедлением потребления угля [4].

В структуре выбросов преобладают выбросы от энергетики, по данным исследований Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), на энергетический сектор приходится более 90 % выбросов углекислого газа и 75 % от общего объема выбросов парниковых газов⁴.

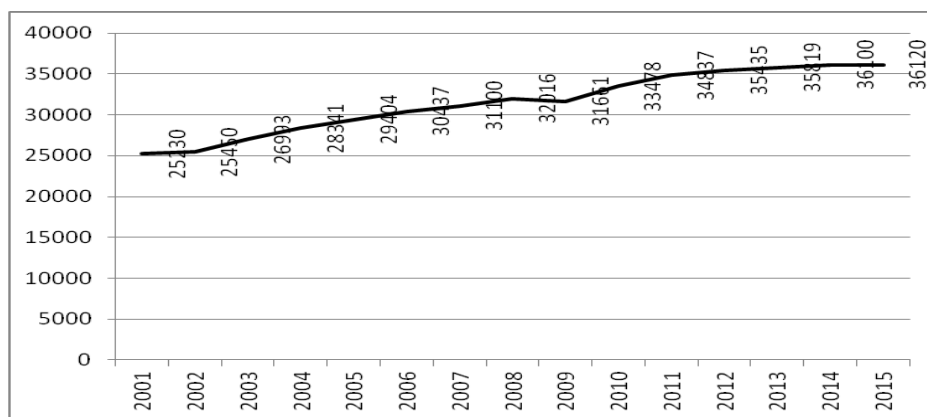


Рис. 1. Общемировые тенденции выбросов углекислого газа, млн т³

¹ Ильшева Нина Николаевна – доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой учета, анализа и аудита Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); e-mail: ankor27@rambler.ru.

² Балдеску Елена Валентиновна – кандидат экономических наук, инженер II категории отдела экологического нормирования Сургутского научно-исследовательского и проектного института, г. Сургут, Россия

(628403, г. Сургут, ул. 30 лет Победы, 25); e-mail: elena.baldesku@yandex.ru.

³ Составлено по данным Global Carbon Budget, 2016 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/> (дата обращения: 14.11.2016).

⁴ См.: Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. МГЭИК. 2006 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol2.html> (дата обращения: 20.05.2016).

По величине абсолютных выбросов Россия находится на четвертом месте после Китая, США и Индии, по выбросам на душу населения – на втором месте после США (табл. 1). Вклад России в мировой кадастр составляет около 4,8 %. По некоторым оценкам⁵, за период 2001–2015 гг. в РФ суммарно было выброшено 25 127 млн т углекислого газа, из которых 20 855 млн т или 83 % – выброшено сектором «Энергетика». Таким образом, энергетический сектор является наиболее значимым с точки зрения влияния на климатическую систему как в общемировых тенденциях, так и в России [5].

Механизм влияния роста концентрации парниковых газов в атмосфере на климат заключается в следующем: солнечная энергия проникает сквозь толщу атмосферы, поглощается поверхностью Земли, трансформируется в тепловую энергию и выделяется в виде инфракрасного излучения. Парниковые газы поглощают это излучение, приобретают более высокую температуру и в свою очередь нагревают атмосферу в целом. Следовательно, чем больше в ней парниковых газов, тем больше инфракрасных лучей задержится в атмосфере, тем теплее станет климат, в результате возникает так называемый «парниковый» эффект» [6]. Парниковый эффект способен привести к

таким последствиям, как деформация экосистем, экстремальные погодные явления (засуха, затопление) и риски для общества. Проблема изменения климата становится все более важной и неотложной задачей, стоящей перед мировым сообществом. Смягчение антропогенных изменений климата может быть достигнуто благодаря учету и ограничению выбросов парниковых газов в атмосферу на глобальном уровне, что в свою очередь требует международного сотрудничества [7].

Теория

Международное сотрудничество осуществляется посредством международных соглашений. Осенью 2015 г. состоялся саммит ООН по устойчивому развитию, в ходе которого был утвержден итоговый документ «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года»⁶. Данный документ заменил собой Цели развития тысячелетия. Срок действия, как и у предшественника, составляет 15 лет. Содержит 17 глобальных целей и 169 задач для будущего международного сотрудничества. Носит рекомендательный характер, является неким ориентиром для стран, которые самостоятельно разрабатывают стратегии развития.

Таблица 1

Выбросы в атмосферу углекислого газа в 2015 г.

Страна	Объем выбросов, млн т	Доля в мировом объеме выбросов, %	Объем выбросов на душу населения, т/чел.
Китай	10216	28,3	7,4
США	5093	14,1	15,7
Индия	2274	6,3	1,8
Россия	1727	4,8	11,8
Весь мир	36120	100,0	4,9

⁵ См.: Global Carbon Budget. 2016 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/> (дата обращения: 14.11.2016).

⁶ См.: Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. UN. New York. 2015 [Электронный ресурс]. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?menu=2361> (дата обращения: 20.05.2016)

Одна из целей посвящена проблеме изменения климата. Цель номер 13 звучит так: «Принять срочные меры по борьбе с изменением климата и его последствиями».

Для достижения поставленной цели странам необходимо подготовить мероприятия, направленные на адаптацию к возможным природным явлениям, связанным с изменением климата. С экономической точки зрения, изменение климата может нести в себе не только негативные последствия, но потенциальные выгоды, связанные с экономией энергетических ресурсов. Поэтому национальные стратегии следует разрабатывать на секторальном и региональном уровнях, принимая во внимание специфику экономического развития и географическое положение субъектов. При этом большое значение имеют человеческий и институциональный потенциалы. Повышение уровня образования и просвещения в области изменения климата будут способствовать стремлению общества к минимизации негативных последствий. Для развивающихся стран документом ООН предусмотрена материальная помощь со стороны развитых стран в контексте значимых действий по предотвращению изменения климата. Итоговый документ ООН носит общий характер и отражает основные задачи по борьбе с изменением климата, более разукрупненным, с подробным описанием принципов действий, является документом Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК – соглашение, принятое более чем 180 странами мира в 1992 г.), об общих принципах действия по проблеме изменения климата), принятый в декабре 2015 г. на Конференции по изменению климата в Париже – Парижское соглашение.

Страны, подписавшие Парижское соглашение, взяли на себя обязательство сокращать выбросы в атмосферу парниковых газов. Новое глобальное соглашение носит либеральный характер, не предусматривает

санкции за не достижение поставленных целей и должно вступить в силу в 2020 г. Цели и задачи данного документа скорее являются призывами к мировому сообществу, нежели требованиями. Однако чтобы достичь поставленных целей, необходимо проявить твердость, жесткость и политическую волю [8].

В соответствии с соглашением странам-участницам предлагается раскрывать информацию об их вкладе в решение климатических проблем. Для этого следует подготавливать отчеты об объемах выбросов парниковых газов, руководствуясь методологиями и общими принципами, оцененными МГЭИК и утвержденными конференцией⁷.

Так же как и в документе ООН, соглашением предусмотрено содействие адаптации последствиям изменения климата и оказание материальной помощи развивающимся странам. При этом помимо человеческого и институционального капитала особое значение приобретают лесные ресурсы, в связи с их способностью связывать углерод. Согласно результатам расчетов группы международных экспертов, опубликованным в 2011 г. в авторитетном журнале *Science*, сток (поглощение) углерода в леса бореальной зоны составил 500 ± 80 млн т углерода (1850 ± 296 млн т CO_2 экв.) в среднем в год за период 1990–2007 гг. [9]. Для увеличения ассимилирующего потенциала необходимо создание системы устойчивого управления лесами, особенно в развивающихся странах.

В случае наступления потерь и ущерба в результате стихийных бедствий, связанных с изменением климата, предусматривается поддержка, которая будет осуществляться через Варшавский международный меха-

⁷ См.: ООН. Рамочная конвенция об изменении климата. 2015 [Электронный ресурс]. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shtml (дата обращения: 20.05.2016).

низм посредством передачи рисков. Таким образом, страны-участницы получают некоторую юридическую поддержку в случае неблагоприятных ситуаций, связанных с последствиями изменения климата.

Мировое сообщество призывает к поощрению действий стран по разработке и распространению технологий, направленных на смягчение изменения климата. Механизм поощрения и стимулирования разработки и внедрения инноваций может быть построен через систему налогообложения, систему грантов для производственных и научных комплексов. Такие действия и меры будут способствовать не только борьбе с изменением климата, но и создадут благоприятные условия для экономического роста и устойчивого развития.

Наиболее уязвимыми в контексте проблем изменения климата являются развивающиеся страны. Соглашением предусмотрено укрепление потенциала таких стран посредством оказания содействия в борьбе с изменениями климата. Для укрепления потенциала необходимо содействие развитых стран в адаптации и смягчении изменения климата, разработке, распространении и внедрении инноваций, образовании и подготовке специалистов, осведомленности общества, подготовке своевременной и точной информации, касающейся вопросов изменения климата и финансовая поддержка.

Чтобы понять насколько эффективно работает построенный глобальный механизм по борьбе с изменением климата, а также, какие аспекты остались без внимания и что требует доработки, предусмотрен Парижский комитет. Комитет состоит из 12 членов, обладающих компетенцией в соответствующих областях, и производит оценку увеличения синергии сотрудничества, выявление пробелов и потребностей в потенциале.

Отдельная страна в каждый момент времени имеет определенные ресурсы и воз-

можности по осуществлению глобального соглашения, поэтому для соблюдения демократии и либерализма странам-участницам предоставляются расширенные рамки для обеспечения транспарентности действий и поддержки, предусматривающие гибкость.

С целью координации и регулирования осуществления настоящего соглашения предусмотрена конференция сторон, высший орган конвенции. Конференция сторон периодически проводит глобальное подведение итогов для оценки коллективного прогресса в выполнении задачи настоящего соглашения и в достижении его долгосрочных целей⁸.

Из международных соглашений, посвященных борьбе с изменением климата, очевидно, что мировое сообщество призывает к поощрению и поддержке любых действий государств, направленных на снижение воздействий на климат. Это касается освоения возобновляемых источников энергии, регионального и международного сотрудничества в интересах климата – мониторинг и обеспечение транспарентности действий, поддержка адаптации к последствиям изменения климата, материальная помощь развивающимся странам, разработка и распространение технологий.

В РФ дела обстоят несколько иначе. Развитие системы мониторинга и отчетности парниковых газов в РФ началось с принятия Климатической доктрины в 2009 г. Климатическая доктрина РФ представляет собой систему взглядов на цель, принципы, содержание и пути реализации единой государственной политики РФ в отношении изменений климата⁹.

⁸ См.: ООН. Рамочная конвенция об изменении климата. 2015 [Электронный ресурс]. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shtml (дата обращения: 20.05.2016).

⁹ См.: Климатическая доктрина. 2009 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/6365> (дата обращения: 25.05.2016).

В соответствии со стратегией Климатической доктрины интересы РФ, связанные с климатом, носят глобальный характер, однако в государственной политике приоритет отдается национальным интересам. Для сокращения рисков, связанных с изменением климата, необходимо своевременное реагирование на последствия этих изменений, в связи с чем особую актуальность приобретают статистические данные, касающиеся изменения климата, на основе которых становится возможным составление максимально достоверных прогнозов. Спрогнозированные данные служат источником информации, которая будет полезна в стремлении адаптироваться к новым условиям и снижать выбросы парниковых газов. При этом не следует забывать о том, что последствия изменения климата могут быть как отрицательными, так и положительными.

Реализация политики в области климата предполагает разработку на ее основе федеральных, региональных и отраслевых программ и планов действий.

В апреле 2014 г. был утвержден план мероприятий по обеспечению к 2020 г. сокращения объема выбросов парниковых газов до уровня не более 75 % объема указанных выбросов в 1990 г. [10]. Если в 1990 г. совокупные выбросы парниковых газов от стационарных источников в России оценивались на уровне 3314,29 млн т CO_2 -эквивалента, то к 2020 г. они должны быть сокращены до 2486 млн т CO_2 -эквивалента [11]. В соответствии с планом предполагается формирование системы учета объема выбросов парниковых газов, выполнение оценки и прогноза объема выбросов парниковых газов до 2030 г. и принятие мер государственного регулирования объема выбросов парниковых газов.

В апреле 2015 г. была утверждена Концепция формирования системы мониторинга, отчетности и проверки объема выбросов

парниковых газов в Российской Федерации. Одна из основных целей системы мониторинга заключается в повышении осведомленности государства, общественности, а также бизнес-сообщества об объемах антропогенного воздействия на климат в процессе хозяйственной деятельности организаций. Также система мониторинга послужит информационной базой для разработки целевых показателей сокращения выбросов парниковых газов, а в дальнейшем – контроля соблюдения этих показателей¹⁰.

Изменения в климатическом законодательстве коснутся не только регулирования выбросов парниковых газов, но и их классификации. В соответствии с российской классификацией к парниковым относятся семь газов [12]: двуокись углерода (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O), трифторметан (CHF_3), перфторметан (CF_4), перфторэтан (C_2F_6), шестифтористая сера (SF_6) (рис. 2), из которых только три относятся к вредным, а четыре не относятся (к примеру, двуокись углерода тоже не относится к вредным выбросам). В результате этих изменений планируется получить более жесткий контроль.

В соответствии с данной классификацией 3 парниковых газов могут происходить как в результате природных процессов, так и антропогенных, остальные 4 парниковых газов в естественном состоянии не встречаются и могут быть получены только в лаборатории. Каждый парниковый газ оказывает свое воздействие на климат в зависимости от продолжительности нахождения его в атмосфере и способности поглощать инфракрасное излучение Земли.

В табл. 2 представлена краткая характеристика парниковых газов.

¹⁰ Распоряжение Правительство РФ от 22 апреля 2015 года № 716-р [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/docs/17826/> (дата обращения: 25.05.2016).

Анализируя табл. 2, следует отметить, что большинство парниковых газов являются бесцветными, без запаха и малотоксичными газами. Только четыре газа имеют класс опасности, остальные 3 – ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ). То есть по основным признакам парниковые газы имеют некоторую схожесть, однако значительные различия наблюдаются в потенциалах глобального потепления и времени жизни в атмосфере. Так, молекула гексафторида серы в 22 800 раз сильнее способствует образованию парникового эффекта, чем молекула углекислого газа. Продолжительность жизни гексафторида серы в атмосфере составляет приблизительно 3 200 лет, углекислого газа – 100 лет, что свидетельствует о значительном кумулятивном эффекте любых количеств гексафторида серы в сравнении с углекислым газом [14].

Данные и методы

Для обеспеченности согласованности и эффективности статистических систем на всех официальных уровнях важное значение приобретают международные стандарты. Международные стандарты и интегрированные системы статистического учета являются значимыми элементами эффективного мониторинга на глобальном уровне, что позволит получать актуальные и достоверные сведения об национальных

объемах выбросов парниковых газов отдельными странами¹¹. На основе анализа собранных данных предполагается принятие мер по сокращению объема выбросов парниковых газов.

Основными международными методами по оценке выбросов парниковых газов являются Руководящие принципы МГЭИК 2006 г.¹² и Руководство ЕМЕП/CORINAIR по кадастрам выбросов. Руководящие принципы МГЭИК концентрируются на количественной оценке объемов выбросов парниковых газов прямого действия (CO_2 , CH_4 , N_2O и др.), а Руководство ЕМЕП/CORINAIR – на количественной оценке объемов выбросов парниковых газов косвенного действия (CO , NO_x , SO_2 и др.) [15].

Более подробно рассмотрим энергетический сектор Руководящих принципов МГЭИК 2006 г.

Энергетический сектор обычно является наиболее важным сектором кадастра. Энергетическая система северных стран в значительной степени определяется сжиганием

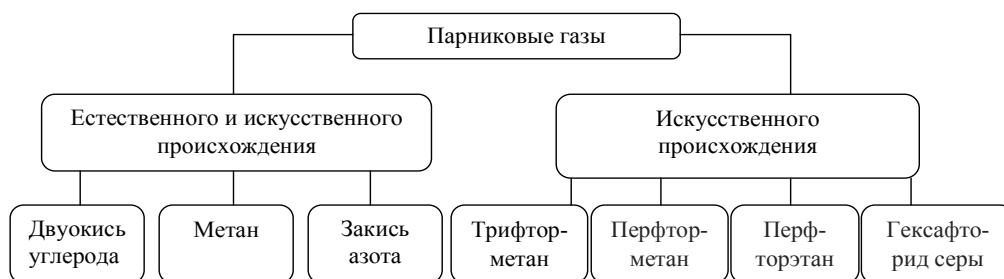


Рис. 2. Классификация парниковых газов

Таблица 2

Краткая характеристика парниковых газов¹³

Код в-ва	Наименование парникового газа	Основные источники и процессы образования	Хим. формула	Молярная масса, г/моль	ПДК, мг/м ³	ОБУВ, мг/м ³	Класс опасности	Время жизни, лет	Потенциал глобал. потепления GWP
380	Двуокись углерода – бесцветный газ, без запаха. Негокси-чен, однако при повышенных концентрациях является удушающим газом	Естественное происхождение: биологические процессы (гниение), метаболические процессы (дыхание), природные процессы океана и др. Искусственное происхождение: сжигание ископаемого топлива и др.	CO ₂	44,01	9200*	-	4*	100	1
410	Метан – простейший углеводород, бесцветный газ без запаха. Относится к токсическим веществам, действующим на центральную нервную систему	Естественное происхождение: жизнедеятельность бактерий на болотах, жизнедеятельность микроорганизмов в кишечнике крупного рогатого скота и др. Искусственное происхождение: процессы гниения на свалках, скопление в недрах земли под давлением (шахтах) и др.	CH ₄	16,04	-	50	-	12	25
381	Закись азота – бесцветный негорючий газ с приятным сладковатым запахом и привкусом. Обладает относительно высокой токсичностью (при концентрации выше 0,05 мг/л)	Естественное происхождение: химические процессы, происходящие в живых организмах (почвенная денитрификация), природные процессы океана и др. Искусственное происхождение: применение азотных удобрений, сжигание ископаемого топлива и др.	N ₂ O	44,01	5**	-	3	114	298
966	Фторуглеводороды. Трифторметан – это химически инертный бесцветный газ, без запаха. Трифторметан относится к негорючим, невзрывоопасным и малотоксичным сжиженным газам [13]	Создан в лаборатории в результате реакции йодоформа с сухим фторидом серебра в 1894 г. Применяется в пожаротушении в качестве хладагента, сырья для органического синтеза, реагента для сухого травления при изготовлении сверхбольших интегральных схем и огнегасителя и др.	CHF ₃	70,01	-	10	-	260	14800

Ильшева Н.Н., Балдеску Е.В.

Окончание табл. 2

Код в-ва	Наименование парникового газа	Основные источники и процессы образования	Хим. формула	Молярная масса, г/моль	ПДК, мг/м ³	ОБУВ, мг/м ³	Класс опасности	Время жизни, лет	Потенциал глобал. потепления GWP
965	Фторуглероды. Перфторэтан – химически инертный бесцветный газ без запаха. Относится к негорючим, невзрывоопасным и малотоксичным газам	Создан в лаборатории в результате реакции фторирования карбида кремния в 1926 г. Применяется в качестве низкотемпературного хладагента, компонента дыхательной системы при глубоководных погружениях, в системах пожаротушения и др.	CF ₄	88,01	100	-	4	50000	7390
963	Перфторэтан – химически инертный бесцветный газ без запаха. Относится к негорючим, невзрывоопасным и малотоксичным газам	Создан в лаборатории в результате реакции прямого фторирования после 1926 г. Применяется в качестве низкотемпературного хладагента, компонента дыхательной системы при глубоководных погружениях, в системах пожаротушения и др.	C ₂ F ₆	138,01	100	-	4		12200
369	Гексафторид серы – инертный практически бесцветный газ, без запаха. Относится к малоопасным веществам. Имеется возможность отравления продуктами распада элегаза	Создан в лаборатории в результате реакции фторирования серы в 1900 г. Применяется как изолятор и теплоноситель в высоковольтной электротехнике, как хладагент благодаря высокой теплоемкости, низкой теплопроводности и низкой вязкости, в системах газового пожаротушения и др.	SF ₆	146,06	-	20	-	3200	22800

¹³ Составлено по данным справочных материалов: Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Изд-е 10-е. СПб., 2015 указать количество страниц; Справочник химика / под ред. Б. П. Никольского. Л., 1971.

* Согласно ГОСТ 8050-85.

** В пересчете на NO₂.

топлива. При сжигании происходит процесс выделения тепла с преобразованием углерода и водорода в углекислый газ (CO_2) и воду (H_2O). Это тепло, как правило, используется для обогрева помещений и для получения электричества.

Энергетический сектор включает в себя в основном следующее:

- разведку и добычу первичных энергетических источников;
- преобразование первичных источников энергии в более пригодные для использования формы энергии;
- передачу и распределение топлива;
- стационарное и мобильное использование топлива.

Следует отметить, что, помимо выбросов от сжигания топлива, выбросы могут возникать от добычи, преобразования и транспортировки первичных энергоносителей, например утечки природного газа и выбросы метана при сжигании в факелах в процессе добычи и переработки нефти/газа. Для стран-экспортеров при осуществлении транспортировки значительных объемов топливных ресурсов летучие выбросы могут вносить гораздо больший вклад в масштабах страны.

В Руководящих принципах МГЭИК 2006 г. представлены два подхода и три уровня оценки выбросов в результате стационарного сжигания ископаемого топлива в зависимости от объема и качества использованных в расчете данных. Руководящие принципы 2006 г. оценивают выбросы углерода с точки зрения выделенных видов. В процессе сгорания большинство углеродных выбросов эмитируются в виде CO_2 . Однако часть углерода высвобождается в виде метана (CH_4), закиси азота (N_2O) и др. Выбросы CO_2 не зависят от технологии сжигания, в то время как выбросы CH_4 и N_2O в значительной степени зависят от этого фактора.

Руководящие принципы МГЭИК 2006 г.

предлагают гибкую методологию для оценки выбросов парниковых газов. Что позволяет использовать данное руководство как на уровне страны с применением обобщенных данных очевидного потребления топлива, так и на уровне компании с детализацией данных по источникам и прямыми замерах выбросов. В руководстве описываются два подхода: эталонный (базовый) и секторальный. Для расчета выбросов CO_2 на основе эталонного подхода достаточно иметь статистику энергоснабжения страны, на основе секторального необходимо иметь данные по сжиганию всех видов топлива и по всем секторам. Применение сразу двух подходов позволяет производить проверку правильности оценки выбросов CO_2 от сжигания топлива.

Секторальный подход предлагает методы оценки на трех уровнях детализации. Первый уровень требует минимума данных и аналитических возможностей. Второй уровень расчета основывается на более подробных данных и учитывает специфику страны. Расчет выбросов второго уровня обязателен для развитых и развивающихся стран, в том числе и для России [15]. Третий уровень расчета требует конкретных данных по технологиям сжигания и компаниям. Более высокие уровни являются более точными, однако предполагается, что отличия между этими уровнями не должны быть большими.

Согласно рекомендациям МГЭИК в рамках секторального подхода выбросы от стационарного сжигания рассчитываются по видам деятельности и источникам. Таким образом, составителям кадастров следует произвести разбивку источников по категориям.

Выбор подходов и уровней осуществляется посредством схем принятия решений. Каждая схема позволяет определить текущие возможности компании по использованию подходов и уровней. Схема направляет

выбор уровня с учетом доступности и качества требуемых данных, а также с учетом вклада категории источников в суммарные показатели выбросов. Если категория является ключевой, то целесообразно использовать более точные оценки третьего уровня.

Для расчета выбросов парниковых газов предлагаются пересчетные коэффициенты. Каждый уровень расчета имеет свой набор коэффициентов. Как правило, коэффициенты для первого уровня представляют некие среднемировые значения, для второго уровня – значения, полученные посредством национальной или региональной статистики, для третьего уровня – значения, зависящие от типа топлива, технологии сжигания и т. п. Страна вправе не согласиться с предложенными параметрами или формулами расчета коэффициентов выбросов международной методики. В этом случае должны быть проведены измерения на соответствующих компаниях, полученные результаты можно использовать в дальнейших расчетах с указанием ссылок на статьи, в которых раскрыты методы получения этих результатов.

Данными о деятельности для расчета парниковых газов, как правило, служит информация о количестве и видах сожженного топлива. Источниками подобной информации могут быть национальные энергетические агентства или же конкретные производственные объекты в зависимости от выбранного уровня расчета. Как правило, биомасса рассматривается отдельно. Включение биомассы в качестве информационного элемента в сектор «Энергетика» происходит только в случае сжигания биомассы в целях получения энергии.

Также руководство содержит рекомендации по предотвращению двойного учета при комбинировании данных из разных источников, обеспечению полноты данных и согласованности временных рядов, оценке неопределенностей коэффициентов выбросов и данных о деятельности, обеспечению

качества и контроля качества, а также по информации, подлежащей документированию, архивации и отчетности.

Методы количественной оценки выбросов парниковых газов от стационарного сжигания основаны на использовании количества сожженного топлива и содержания углерода в этом топливе.

Для расчета выбросов парниковых газов от стационарного сжигания топлива первого уровня требуются данные о количестве топлива, сожженного в категории источников, и коэффициенты выбросов по умолчанию. Источниками информации о количестве сожженного топлива могут быть национальные энергетические агентства, органы государственного регулирования или компании, а набор коэффициентов выбросов по умолчанию представлен в руководстве МГЭИК. Коэффициенты выбросов по умолчанию используют предположение эффективного сжигания (коэффициент окисления равен 1).

$$\text{Выбросы ПГ}_{\text{топливо}} = \text{ПТ}_{\text{топливо}} \times \text{КВ ПГ}_{\text{топливо}} \cdot \text{GWP}, \quad (1)$$

где $\text{Выбросы ПГ}_{\text{топливо}}$ – выбросы данного парникового газа по типу топлива (кг ПГ);

$\text{ПТ}_{\text{топливо}}$ – количество сожженного топлива (ТДж);

$\text{КВ ПГ}_{\text{топливо}}$ – коэффициент выбросов данного ПГ по типу топлива (кг газ/ТДж). Коэффициенты выбросов для CO_2 приводятся в кг/ТДж в зависимости от типов топлива на основе чистых тепловых значений и отражают содержание углерода в топливе при предположительном коэффициенте окисления равном 1 (предполагается полное окисление топлива – эффективное сжигание);

GWP – потенциал глобального потепления.

Для расчета общего количества выбросов парниковых газов, рассчитанные выбросы по формуле (1) суммируются по всем видам топлива.

При этом потребление топлива измеряется в энергетических единицах тераджоулях (ТДж), данные по сжиганию топлива в других единицах следует перевести в ТДж с помощью переводных коэффициентов.

Коэффициенты выбросов по умолчанию представляют собой среднемировые значения и не зависят от национальных особенностей страны. Это повышает неопределенность в результатах оценок данного уровня. Использование предлагаемых значений является обязательным, если у страны нет результатов своих собственных измерений соответствующих коэффициентов.

Если у страны имеются данные собственных измерений, она может производить расчеты второго уровня, заменив в формуле (1) «коэффициент выброса по умолчанию» на собственный коэффициент. Коэффициенты выбросов для конкретной страны могут быть рассчитаны, принимая во внимание конкретные национальные данные, например содержание углерода в используемом топливе, качество топлива и (особенно для иных, чем CO₂ газов) состояние технологического развития. Оценка второго уровня дает оценку выбросов с более низкой неопределенностью, чем оценка первого уровня.

Оценка выбросов второго уровня использует средний коэффициент выбросов для категории источников и комбинации топлива по всей категории источников, что может стать причиной неопределенности оценок второго уровня. Чтобы снизить неопределенность в расчетах целесообразно расширить диапазон данных, от которых могут зависеть выбросы, для применения подхода третьего уровня.

Расчеты третьего уровня предполагают использование таких данных, как количество сожженного топлива и специальный коэффициент выброса с разбивкой по технологиям сжигания. Здесь технологии означают любое устройство, процесс сгорания или свойство топлива, которые могут вли-

ять на выбросы (используемый тип топлива, технология сжигания, эксплуатационные условия, технология контроля, а также техобслуживание и возраст оборудования).

Расчеты третьего уровня можно производить по формуле (1), заменив «коэффициент выброса по умолчанию» на «специальный коэффициент выброса для каждой технологии».

В рамках подхода третьего уровня делать расчет по CO₂ часто нет необходимости, так как выбросы CO₂ не зависят от технологии сжигания¹⁴. Таким образом, данный подход применяется при определении объема выбросов CH₄ и N₂O.

Преимущества использования подхода третьего уровня заключаются в получении детального и точного кадастра с низким уровнем неопределенности.

Недостатки подхода третьего уровня обусловлены необходимостью широкого диапазона данных, что может быть труднодостижимым и затратным в соответствии с текущими возможностями отдельной компании.

В Российской Федерации в июне 2015 г. Минприроды утвердило методические указания и руководство по количественному определению объема выбросов парниковых газов¹⁵. Разработанные методические указания и руководство базируются на руководящих принципах национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, которые

¹⁴ См.: МГЭИК. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов. 2006 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol2.html> (дата обращения: 20.05.2016).

¹⁵ См.: Методические указания и руководство по количественному определению объема выбросов парниковых газов организациями, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность в Российской Федерации (утв. приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 30 июня 2015 г.) № 300 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71183290/#ixzz4AdAgXJio> (дата обращения: 10.06.2016)

являются общепризнанной методологией по составлению отчетов о выбросах парниковых газов для секретариата РКИК ООН.

Методические указания и руководство по количественному определению объема выбросов парниковых газов были разработаны с целью проведения инвентаризации, регулирования и сокращения выбросов парниковых газов.

Выбор метода количественного определения выбросов парниковых газов осуществляется организациями исходя из доступности данных и обеспечения наилучшей точности.

Анализ результатов

С точки зрения применимости методические указания и руководство не совершенны. Структура методики построена таким

образом, что категории источников выбросов иногда представлены технологическим процессом, а иногда видом экономической деятельности, что является не очень удобным с точки зрения применимости. Процессы, касающиеся использования жидкого и газообразного ископаемого топлива, корректнее представить категорией «Нефть и природный газ» сектора «Энергетика» (рис. 3). Виды экономической деятельности следует объединить в сектор «Промышленное производство». В настоящих методических указаниях и руководстве представлены категории источников «Авиационный транспорт» и «Железнодорожный транспорт», а «Автомобильный транспорт» отсутствует, что можно считать упущением. Сжигание топлива различными видами транспорта можно обобщить в категорию «Транспорт» и отнести к сектору



Рис. 3. Структура видов деятельности и источников в секторе «Энергетика» категории «Нефть и природный газ»

«Энергетика». Также следует отметить, что методические указания и руководство являются неполными, в них не представлены методики учета выбросов парниковых газов от отходов, лесного хозяйства и сельского хозяйства. В последние годы в РФ активное развитие получило направление, касающееся утилизации отходов, что дает предпосылки для появления и дальнейшего развития в методических указаниях сектора «Отходы».

Методика разрешает исключить несущественные источники выбросов, при этом несущественными являются источники, выбросы от которых суммарно составляют менее 5 % в год от суммарных выбросов в организации, но не более 50 тыс. т CO₂ – эквивалента/год. Для крупных компаний на практике данное допущение является не очень полезным с точки зрения применимости и может привести к путанице, так как в крупных компаниях проекты предельно допустимых выбросов разрабатываются отдельно для каждого структурного подразделения в границах административного деления. Таким образом, может получиться так, что в одних подразделениях один и тот же источник будет являться несущественным, а в других – напротив, существенным. Чтоб обеспечить целесообразность применения данного допущения, следует брать фактические суммарные выбросы по компании в целом, с учетом срока действия проекта (5 лет), это, в свою очередь, может вызвать трудности при согласовании временных рядов.

Методические указания и руководство позволяют организации самой выбрать методику расчета того или иного парникового газа. В соответствии с выбранными методами определяются необходимые для расчета исходные данные. Организациям предоставляется свобода выбора периодов регистрации данных и методов их усреднения. Однако для удобства практического применения следовало бы внести рекомендуемые

сроки и методы в качестве некоторого ориентира.

Большинство методов определения выбросов парниковых газов основаны на информации по расходу ресурсов. В методических указаниях и руководстве приводится формула для определения запасов ресурсов в организации. При предложенных методах, с точки зрения применимости, полезней будет формула для определения расхода ресурсов:

$$\text{Расход ресурсов} = \text{остаток на конец} + \text{отгрузка} - \text{поступление} - \text{остаток на начало}$$

Для расчета парниковых газов в методических указаниях и руководстве представлены значения коэффициентов выбросов по умолчанию для использования в случае отсутствия возможности у компаний самим замерить их. При этом делается ссылка для коэффициентов выбросов угля, что «приведенные значения учитывают неполное окисление твердого топлива при сжигании, поэтому при их использовании для расчета выбросов коэффициент окисления принимается равным 1». Однако в формулах, представленных для расчета коэффициентов выбросов, коэффициент окисления не участвует, то есть приведенные значения не должны учитывать окисление топлива. Согласно методике окисление топлива учитывается при расчете выбросов CO₂, в формуле 1.

Как правило, доля не окисленных фракций углерода при сжигании топлива невелика. Поэтому по умолчанию из предположения о 100 %-м (полном) окислении коэффициент окисления принимается равным 1. Однако в ссылке говорится о неполном окислении твердого топлива при сжигании, вследствие чего коэффициент окисления принимается равным 1, отсюда можно предполагать наличие неточности в тексте ссылки.

Согласно методическим рекомендациям и руководству в категории источников «Ста-

ционарное сжигание топлива» учитываются выбросы парниковых газов от сжигания топлива, с целью выработки энергии для собственных нужд или отпуска потребителям. Однако с точки зрения применимости целесообразней было бы разделить категории источников, производящие энергию для собственных нужд организации, и для отпуска потребителям, что будет полезным при планировании платежей, связанных с природопользованием [16]. Предположительно, энергетические компании включают издержки за выбросы в тариф, поэтому раздельный учет выбросов для собственных нужд и для отпуска потребителям позволит определить их существенность с целью управления.

В методических рекомендациях и руководстве представлены формулы для определения коэффициентов выбросов CO_2 от сжигания топлива. Для расчета требуются данные по компонентному химическому составу газообразного топлива и содержанию углерода в твердом и жидком топливе. На уровне отдельной организации получить подобные данные не всегда представляется возможным, особенно по содержанию углерода в топливе. Следовало бы предложить более универсальный подход, к примеру, формулу для расчета содержания углерода в сырой нефти, с использованием более доступных данных.

В категории источников «Фугитивные выбросы» приводится только одна формула для определения выбросов парниковых газов от технологических операций, связанных с использованием углеводородной смеси. Однако от операции хранения нефти в резервуарах также происходят значительные выбросы парниковых газов (CH_4). Возникают неопределенности по поводу расчета выбросов парниковых газов от операции хранения нефти.

Также следует отметить, что методические указания и руководство нередко

предлагают использование фактических данных, полученных с помощью измерений. Однако на уровне отдельной организации такие данные не всегда возможно получить, поэтому подобные требования могут носить только рекомендательный характер. На практике же проще использовать усредненные табличные данные, представленные в методических указаниях и руководстве или же в справочниках. Отсюда возникает потребность в стимулировании стремлений организаций производить расчеты с использованием фактических данных вопреки усредненным табличным значениям с целью получения актуальных и достоверных сведений об объемах выбросов парниковых газов.

Все выше перечисленные неточности, отсутствие конкретизаций и границ делают методические указания и руководство менее полезными с точки зрения применимости.

Заключение

По результатам анализа статистических данных по объемам общемировых выбросов углекислого газа за последние пятнадцать лет следует отметить замедление темпов роста выбросов в последние годы. В связи с тем, что лидером по объемам выбросов является Китай, можно предположить, что замедление непосредственно связано с тенденциями в китайской экономике.

По величине абсолютных выбросов Россия входит в пятерку лидеров и занимает четвертое место после Китая, США и Индии, по выбросам на душу населения – в тройку и занимает второе место после США. За последние десять лет средняя концентрация углекислого газа в атмосферном воздухе в регионах России увеличилась на 12 %, в том числе за последние 5 лет на 10 % [11]. Таким образом, экологическая ситуация в Российской Федерации продолжает оставаться достаточно напряженной.

В структуре выбросов преобладают выбросы от энергетики, по оценкам Global Carbon Project за период 2001–2015 гг. в России сектором «Энергетика» было выброшено 83 % от общего объема выбросов. Основной причиной роста объемов выбросов парниковых газов является наращивание темпов промышленного производства, которое сопровождается потреблением энергетических ресурсов. При сжигании различных видов топлив в атмосферу выбрасываются парниковые газы, которые являются причиной изменения климата. Климат становится теплее в результате роста концентрации парниковых газов в атмосфере, которые задерживают инфракрасное излучение Земли, приобретают более высокую температуру и нагревают атмосферу в целом.

Мировое сообщество призывает поощрять любые действия, связанные с сокращением выбросов парниковых газов. Мониторинг, отчетность и проверка объема выбросов парниковых газов являются неотъемлемой частью международных соглашений, в которых Россия является страной-участницей. Также с помощью отчетности становится возможным контролировать объемы выбросов парниковых газов. Результаты оценки отражаются в кадастре, который ежегодно представляется в секретариат Рамочной конвенции. Оценка осуществляется с помощью утвержденных методик. Проанализировав российские методические документы, следует отметить, что принятые в 2015 г. методические рекомендации и руководство по количественному определению объема выбросов парниковых газов РФ требуют доработки с точки зрения применимости и удобства использования.

Требование применимости заключается в следующем: структура методики, категории источников, предлагаемые методы,

получение необходимых данных для расчетов должны быть четкими, а процедура их использования прозрачной. Доступ к информации может быть ограничен в связи с ее конфиденциальностью, коммерческой ценностью или по другим причинам. Защита информации и данных является одним из фундаментальных условий работы системы сбора и обобщения статистической информации. Следовательно, данные для инвентаризации выбросов парниковых газов должны использоваться таким образом, чтобы избежать раскрытия конфиденциальных сведений¹⁶.

Отметим, что предлагаемые в статье меры совершенствования методического инструментария количественной оценки выбросов парниковых газов основаны на анализе зарубежного опыта построения методики МГЭИК, которая является общепризнанной методологией, рекомендациям и принципам которой должны соответствовать национальные отчеты о кадастре парниковых газов, предоставляемые странами в секретариат РКК ООН.

Дальнейшие исследования в этой области могут дать более глубокие результаты, которые следует использовать для оценки и прогнозирования выбросов парниковых газов не только на корпоративном уровне, но и на национальном. Это в свою очередь будет способствовать достижению целей, направленных на снижение объемов выбросов парниковых газов как отдельной страны, так и мирового сообщества.

¹⁶ Справочное руководство по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации. Минприроды РФ. 2014.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богданов В.Д., Ильшева Н.Н., Балдеску Е.В., Закиров У.Ш. Модель корреляции между экономическим развитием и экологической результативностью на основе данных нефинансовой отчетности компании // Экономика региона. 2016. Т. 12. Вып. 1. С. 93–104.
2. Ayres U., Kneese A. Production, Consumption and Externalities // American Economic Review. 1969. Vol. 59. P. 282–297.
3. Peters G.P. From Production-Based to Consumption Based National Emission Inventories // Ecological Economics. 2008. Vol. 65. P. 13–23.
4. Earth System Science. 2016. Vol. 8. Issue 2. PP. 605–649. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.earth-syst-sci-data.net/8/605/2016/> doi:10.5194/essd-8-605-2016.
5. Грицевич И. Снижение выбросов парниковых газов – приоритет деятельности ЦЭНЭФ // Энергетическая эффективность. 2002. № 35. С. 9–18.
6. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. Т. 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика. М.: Наука, 1985. 606 с.
7. Wiedmann T. Editorial: Carbon Footprint and Input-Output Analysis // Economic Systems Research. 2009. Vol. 21. P. 175–186.
8. Давыдова А. Добровольно-принудительно: как Парижское климатическое соглашение повлияет на мировую экономику // Экология и право. 2016. № 62. С. 24–48.
9. Pan Y., Birdsey R., Fang J., Houghton R., Kauppi P., Kurz W.A., Phillips O., Shvidenko A., Lewis S., Canadell J.G., Ciais P., Jackson R.B., Pacala S., McGuire A.D., Piao S., Rautiainen A., Sitch S., Hayes D.A. Large and Persistent Carbon Sink in the World Forests // Science. 2011. Vol. 333. P. 988–993.
10. Кокорин А., Карпоо А. Цель России по парниковым газам на 2020 год. Прогнозы, тренды и риски. М.: Friedrich Ebert Stiftung, 2014. 18 с.
11. Тагаева Т.О., Гильмундинов В.М., Казанцева Л.К. Экологическая ситуация и природоохранная политика в регионах России // Экономика региона. 2016. Т. 12. Вып. 1. С. 78–92.
12. Двинин Д.Ю., Каримуллина Д.Р. Эмиссия парниковых газов предприятиями электроэнергетической отрасли челябинской области // Вестник Челябинского государственного университета. 2011. № 5 (220). С. 76–80.
13. Fluorine notes Journal. 2016. Vol. 4. Is. 107. P. 75–89.
14. Retallack G.J. Soils and global change in the carbon cycle over geological time / Executive editors: Heinrich D. Holland, Karl K. Turekian. Treatise on geochemistry. Oxford: Pergamon Press, 2004. Vol. 5. P. 581–605.
15. Введение в инвентаризацию выбросов парниковых газов для промышленных предприятий, компаний и отраслей. ЦЭНЕФ, 2002. 28 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.journal.esco.co.ua/2005_8/art103.pdf.
16. Майбуров И.А., Абрамов М.Д., Агарков Г.А., Барулин С.В., Батуева Д.Д. Налоговая политика. Теория и практика: учебник / под ред. И.А. Майбурова. М.: Юнити-Дана, 2015. 518 с.

Ilysheva N.N.*Ural Federal University
named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia***Baldesku E.V.***Surgut Scientific Research and Project Institute,
Surgut, Russia*

IMPROVING METHODOLOGICAL TOOLS QUANTITATIVE ESTIMATES OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS BASED ON INTERNATIONAL EXPERIENCE

Abstract. The article deals with the problem of global warming. The aim of this research is to improve the methodological tools of quantifying greenhouse gas emissions. The urgency of the task of mitigating anthropogenic climate change caused by rising concentrations of greenhouse gases in the atmosphere is proven. Statistical data on emissions for the past 15 years are analyzed, change trends are identified. The authors establish the cause of the growth in greenhouse gas emissions, the energy sector being the main contributor. A description of the mechanism of the effect of greenhouse gases on the climate system is provided. The requirements set by international agreements and Russian documents aimed at reducing greenhouse gas emissions are unified. The main gases that cause the greenhouse effect are identified, their classification and brief characteristics are provided in the article. The necessity to promote the monitoring of greenhouse gas emissions and reporting system at the global level is substantiated. The purpose of the advanced metering system is to obtain relevant and reliable data for timely response to and planned reduction of greenhouse gas emissions. The article analyses guidelines on quantifying the greenhouse gas emissions of the organizations approved by the Ministry of Nature of Russia in terms of their applicability at the corporate level in the energy sector. The authors propose measures for improving the guidelines and instructions of Russia, based on the analysis of international experience in building guidelines for greenhouse gas inventories of the IPCC. The obtained results may be of interest to companies of the energy sector that want to design corporate guidelines for the quantification of greenhouse gas emissions. Further research in this area may yield more profound results that should be used for the assessment and prediction of greenhouse gas emissions, not only at the corporate level, but also nationally.

Key words: environment; sustainable development; global warming; greenhouse gases; greenhouse effect; climate change; the monitoring system; methodological tools; air pollution; industrial emissions.

References

1. Bogdanov, V.D., Ilysheva, N.N., Baldesku, E.V., Zakirov, U.Sh. (2016). Model' korrelyatsii mezhduekonomicheskim razvitiem i ekologicheskoi rezul'tativnost'iu na osnove dannykh nefinansovoi otchetnosti kompanii (The Development of Correlation Model between Economic Development and Environmental Performance on the Basis of Non-Financial Reporting). *Ekonomika regiona (Economy of region)*, Vol. 12, Issue 1, 93–104.
2. Ayres, U., Kneese, A. (1969). Production, Consumption and Externalities. *American Economic Review*, Vol. 59, 282–297.

3. Peters, G.P. (2008). From Production-Based to Consumption Based National Emission Inventories. *Ecological Economics*, Vol. 65, 13–23.
4. (2016). *Earth System Science*, Vol. 8, Issue 2, 605–649. Available at: <http://www.earth-syst-sci-data.net/8/605/2016/>.
5. Gritsevich, I. (2002). Snizhenie vybrosov parnikovykh gazov – prioritet deiatel'nosti TsENEF [Greenhouse gas reduction – priority for CENef]. *Energeticheskaya effektivnost' [Energy Efficiency]*, No 35, 9–18.
6. Landsberg, G.S. (1985). *Elementarnyi uchebnik fiziki. T. 1. Mekhanika. Toplota. Molekuliarnaia fizika [Elementary textbook of physics. Vol. 1. Mechanics. Heat. Molecular physics]*. Moscow, Nauka.
7. Wiedmann, T. (2009). Editorial: Carbon Footprint and Input-Output Analysis. *Economic Systems Research*, Vol. 21, 175–186.
8. Davydova, A. (2016). Dobrovol'no-prinuditel'no: kak Parizhskoe klimaticheskoe soglasenie povliiaet na mirovuiu ekonomiku [Voluntary-compulsory: How the Paris Agreement will affect the world economy]. *Ekologiya i pravo [Ecology and Law]*, No 62, 24–48.
9. Pan, Y., Birdsey, R., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P., Kurz, W.A., Phillips, O., Shvidenko, A., Lewis, S., Canadell, J.G., Ciais, P., Jackson, R.B., Pacala, S., McGuire, A.D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S., Hayes, D.A. (2011). Large and Persistent Carbon Sink in the World Forests. *Science*, Vol. 333, 988–993.
10. Kokorin, A., Karppoo, A. (2014) *Tsel' Rossii po parnikovym gazam na 2020 god. Prognozy, trendy i riski [Russia's Greenhouse Gas Reduction Targets. Forecasts, trends and risks]*. Moscow, Friedrich Ebert Stiftung.
11. Tagaeva, T.O., Gil'mundinov, V.M., Kazantseva, L.K. (2016). Ekologicheskaya situatsiia i prirodookhrannaia politika v regionakh Rossii (Ecological Situation and Environmental Protection Policy in Russian Regions). *Ekonomika regiona (Economy of Region)*, Vol. 12. Issue 1, 78–92.
12. Dvinin, D.Iu., Karimullina, D.R. (2011). Emissiia parnikovykh gazov predpriiatiami elektroenergeticheskoi otrasli cheliabinskoi oblasti. *Vestnik Cheliabinskogo gosudarstvennogo universiteta (Bulletin of Chelyabinsk State University)*, No 5 (220), 76–80.
13. (2016). *Fluorine notes Journal*, Vol. 4, Issue 107, 75–89.
14. Retallack, G.J. (2004). *Soils and global change in the carbon cycle over geological time*. Executive editors: Heinrich D. Holland, Karl K. Turekian. Treatise on geochemistry. Oxford, Pergamon Press, Vol. 5, 581–605.
15. Vvedenie v inventarizatsiiu vybrosov parnikovykh gazov dlia promyshlennykh predpriatii, kompanii i otraslei [Introduction into taking stock of greenhouse gas emissions for industrial companies and manufacturing] (2002). TsENEF. Available at: http://www.journal.esco.co.ua/2005_8/art103.pdf.
16. Maiburov, I.A., Abramov, M.D., Agarkov, G.A., Barulin, S.V., Batueva, D.D. (2015). *Nalogovaia politika. Teoriia i praktika [Tax policy. Theory and practice]*. Moscow, Iuniti-Dana.

Information about the authors

Ilysheva Nina Nikolaevna – Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Accounting, Analysis and Audit, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); e-mail: ankor27@rambler.ru.

Baldesku Elena Valentinovna – Candidate of Economic Sciences, Surgut Scientific Research and Project Institute, Surgut, Russia (628403, Surgut, 30 Years of Victory street, 25); e-mail: elena.baldesku@yandex.ru.