

Методы мониторинга парниковых газов

Федосеева Татьяна Александровна

к.э.н., доцент кафедры «Цифровая экономика», «Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева», fedoseeva-t@yandex.ru

Достижение целей устойчивого развития является важнейшим фактором социально-экономического развития общества. Экологическая устойчивость является одной из компонент устойчивого развития и экономической безопасности стран и регионов. Россия является одним из крупнейших эмитентов углекислого, в связи с производством энергии и добычей нефти и газа. Участие России в Киотском протоколе позволило ей принять на себя ответственность за свои выбросы и предпринять меры для их сокращения. В статье объектом исследования выступает мониторинг парниковых газов как важный инструмент управления устойчивым развитием. Мониторинг необходим для оценки уровня выбросов в динамике, позволяет определять эффективность мер, принимаемых для уменьшения выбросов, и вовремя их корректировать. Отмечено, что существующие методики позволяют, с одной стороны, проводить мониторинг выбросов от стационарных источников, а с другой, – учитывать выбросы в атмосферу от передвижных источников. И тот и другой вид загрязнений вносит свой вклад в общую картину. В работе дается обзор методов мониторинга, описаны функциональные особенности карбоновых полигонов, которые используются для реализации мониторинга поглощения и эмиссии парниковых газов природными экосистемами при участии университетов и научно-исследовательских организаций. В заключении обоснована важность темы мониторинга парниковых газов для социально-экономического развития страны, который невозможен без соответствующего методического инструментария.

Ключевые слова: устойчивое развитие, экономическая безопасность, мониторинг парниковых газов, экологические инновации, био-разнообразие

Введение

Согласно официальным данным, опубликованным Росстатом, выбросы парниковых газов в России сократились почти на 40% в 2021 году по сравнению с 1990 годом. Это связано с кардинальными изменениями в промышленности, энергетике и политике, принятыми в России за последние годы для сокращения выбросов парниковых газов.

Одним из ключевых факторов, влияющих на снижение выбросов, является сокращение производства в некоторых промышленных секторах, например таких, как производство стали и цемента, которые требуют большого количества энергии и являются основными источниками выбросов углекислого газа. Также была проведена модернизация оборудования и технологий на многих предприятиях, что позволило уменьшить выбросы парниковых газов.

Кроме того, в России были приняты меры для снижения выбросов от транспорта, включая переход на более экологически чистые виды топлива, такие как газ и электричество. Также были приняты меры по повышению энергетической эффективности в жилищном секторе и других отраслях экономики.

Вопросы поглощения углекислого газа в атмосфере имеют важное значение для борьбы с глобальным изменением климата. Углекислый газ, является основным газом-примесью парникового эффекта, который поступает в атмосферу из различных источников, что приводит к увеличению температуры на Земле, вызывая изменения климата и ряд проблем, связанных с экологическими и социальными аспектами. На данный момент поглощение углекислого газа растениями и океанами не способно компенсировать все выбросы этого газа в атмосферу, которые происходят в результате человеческой деятельности. Для более эффективной борьбы с изменением климата необходимо принимать меры по сокращению выбросов углекислого газа, а также по активному поглощению его из атмосферы. Россия вносит ощутимый вклад в поглощение выбросов CO₂ за счёт поглощающей способности наших лесов, торфяников, болот, тундры и степей. В России сосредоточено около 20 % от всех лесов мира, по площади лесов Россия занимает первое место в мире.

Необходимо принимать во внимание различные факторы, оказывающие влияние на глобальное потепление: вырубку лесов, изменение землепользования, производство электроэнергии из ископаемых видов топлива, транспорт, обрабатывающая промышленность и др. Выбросы углекислого газа являются одним из основных факторов удержания тепла в атмосфере Земли, когда его уровень увеличивается, происходит усиление эффекта парникового газа. На долю метана приходится примерно пятая часть всех антропогенных выбросов. Он относится к группе фторсодержащих углеводородов и обладает в 25 раз большей способностью к удержанию тепла, чем углекислый газ. При этом метан является более короткоживущим газом, чем углекислый газ, но его влияние на парниковый эффект сильнее, чем углекислого газа. Если сократить эмиссию метана в два раза, то по мнению экспертов, глобальная температура через 30 лет снизится на 0,18 градусов.

Проблемы мониторинга выбросов парниковых газов

Высокий уровень загрязнения окружающей среды имеет множество негативных последствий для здоровья людей, экосистем и животных. Высокие концентрации опасных веществ в

воздухе, воде и почве могут вызвать различные виды болезней (бронхит, астма, сердечно-сосудистые заболевания), оказывают негативное воздействие на полноценное развитие детей, в связи с чем большое внимание уделяется вопросам мониторинга состояния окружающей среды. В РФ с целью формирования базы данных о качественном состоянии окружающей среды и заболеваемости населения проводится социально-гигиенический мониторинг (СГМ). В соответствии с федеральным законодательством, СГМ – это государственная система мониторинга, отслеживающая состояние здоровья населения, которая включает анализ, оценку, прогнозирование и определение причинно-следственных связей между здоровьем населения и состоянием окружающей среды [1].

Рассмотрим некоторые определения понятий, связанных с мониторингом выбросов парниковых газов, которые приведены в методическом пояснении Росстата, а также основные проблемы такого мониторинга.

Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ – поступление в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных и от передвижных источников (рис. 1).



Рис. 1. Источники выбросов в атмосферу

Должны учитываться все загрязнители, поступающие в атмосферный воздух как после прохождения пыле-газоочистных установок в результате неполного улавливания и очистки на организованных источниках загрязнения, так и без очистки от организованных и неорганизованных источников загрязнения. Учет выбросов загрязняющих атмосферу веществ ведется как по их агрегатному состоянию (твердые, газообразные и жидкие), так и по отдельным веществам (ингредиентам).

Стационарный источник загрязнения атмосферы – неподвижной технологической агрегат (установка, устройство, аппарат и т.п.), выделяющий в процессе эксплуатации, загрязняющие атмосферу вещества. К установкам для улавливания и нейтрализации загрязняющих веществ промышленных предприятий можно отнести газоочистное и пылеулавливающее оборудование. Количество уловленных (обезвреженных) загрязняющих атмосферу веществ включает все виды загрязнителей, уловленных (обезвреженных) на газоочистных установках из общего их объема, отходящего от стационарных источников. Основными источниками загрязнения от стационарных источников являются крупные промышленные предприятия, металлургическая, химическая, добывающая промышленность и электроэнергетика.

Одной из проблем мониторинга загрязнений от стационарных источников является необъективность подаваемых промышленными предприятиями в Росприроднадзор (Федеральная служба по надзору в сфере природопользования) свиде-

ний о выбросах вредных веществ. По оценкам Российского союза промышленников и предпринимателей, реальные выбросы предприятий не совпадают с отчетными, они могут быть больше в 3–4 раза. Мелкие предприятия и вовсе не отчитываются о выбросах. Кроме того, предприятия банкротятся, сливаются, происходит их реорганизация, в связи с чем уменьшается количество предприятий, по которым ведется статистическое наблюдение. [2]. Периодически меняются методики расчета выбросов загрязняющих веществ, что приводит к трудностям при анализе динамики выбросов, и, как следствие, к неверным выводам. Растет число стационарных источников, увеличиваются объемы выбросов загрязняющих атмосферу веществ. Вызывает тревогу снижение объемов улавливания и нейтрализации выбросов загрязняющих веществ, а также снижение их доли в процентах от общего количества загрязняющих веществ от стационарных источников [3].

Основным компонентом выбросов в атмосферу загрязняющих веществ является углекислый газ. Больше всего от выбросов стационарных источников страдают крупные городские агломерации, так как в них сконцентрирована основная масса промышленных предприятий. Почти в 90% городов России наблюдается превышение содержания предельно-допустимых показателей вредных веществ в составе атмосферного воздуха [4]. Воздух, почва и вода в промышленных районах города могут быть сильно загрязнены, что влияет как на физическое, так и на психическое здоровье человека, а также приводит к проблемам с сердечно-сосудистой и нервной системами, снижению иммунитета, развитию аллергий и онкологических заболеваний, воздействует на репродуктивную систему. [5]. Осаждение различных компонентов выбросов вредных химических веществ оказывает негативное влияние на состояние нашей экосистемы. Например, примеси тяжелых металлов, таких как свинец и ртуть, токсично воздействуют на все живое, аммиак является причиной экологических проблем в аграрном секторе, сернистые и азотные оксиды – первопричина кислотных дождей, повышение концентрации озона также является токсичным для живых организмов. [6]. Таким образом, вопрос мониторинга состояния воздушной среды, и, как следствие, состояния здоровья населения крупных промышленных городов, требует особого внимания и дальнейшего детального исследования.

Исходными данными для проведения работ по оценке выбросов от отдельных видов *передвижных источников* (автомобильного и железнодорожного транспорта) являются: количество автотранспортных средств, зарегистрированных в субъекте Российской Федерации и городах, расположенных на его территории, полученные от Главного Управления ГИБДД МВД России и его территориальных органов, и количество израсходованного дизельного топлива по данным территориального управления ОАО «Российские железные дороги» по состоянию на отчетный год, предшествующий текущему.

При анализе выбросов от автомобильного транспорта учитывается ряд показателей, оценивающих качество магистралей, тип транспорта, его экологические характеристики и применяемое топливо. В практике социально-гигиенического мониторинга в настоящее время практически отсутствуют методики расчетов валовых выбросов вредных веществ передвижными источниками в атмосферный воздух. При этом, из-за отсутствия информации об объемах валовых выбросов автомобильным транспортом в атмосферный воздух и, как следствие, об общем объеме всех загрязняющих веществ, поступающих в воздушный бассейн, вклад передвижных источников в совокупное загрязнение воздуха определяется, в основном, эмпирически. Учитывая, что доля частного автотранспорта, по которому весьма затруднительно собрать хоть какую-то стати-

стическую отчетность, составляет свыше 70% от всего автопарка, определение объемов выбросов передвижными источниками загрязнения воздушной среды по отчетным формам 2-ТП «Воздух» автотранспортных предприятий недостаточно. При этом особое внимание необходимо уделить качеству автомобильного парка – это касается и машин, ввозимых из-за рубежа, и производимых в нашей стране. Они должны отвечать жестким требованиям экологической безопасности за счет минимального количества выбросов вредных веществ в процессе эксплуатации. Также стоит учитывать и качество производимого в нашей стране автомобильного топлива [7]. В России в настоящее время разрешено использовать топливо экологического стандарта не ниже Евро-5, который предполагает пятикратное снижение в топливе сернистых соединений, а также уменьшение токсичности выхлопных газов, что соответствует общемировому тренду на ограничение использования низкокачественного топлива из-за серьезного негативного влияния его на окружающую среду.

В работе [8] приводится математическая модель роста загрязнений от передвижных источников на основе логистического уравнения Ферхюльста. В статье [9] показано, что уровень загрязнения воздушного бассейна в последние пять лет растет, в первую очередь, за счет роста скопления в атмосферном воздухе вредных веществ, характерных для выбросов автотранспорта. В работе [10] предлагается использовать индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), который характеризует уровень длительного, непрерывного загрязнения воздуха.

Таким образом, существующая на сегодняшний день в рамках СГМ государственная система контроля не позволяет определить степень воздействия на воздушный бассейн передвижных источников загрязнения атмосферного воздуха, с тем же уровнем достоверности, который существует для стационарных источников [11]. Определение выбросов автотранспорта рассчитывается очень условно, без учета качества используемого топлива, характеристик экологического класса автомобиля, наличия пробок, учитывается только расход топлива. Росгидромет ежегодно составляет список городов России, классифицируемых по уровню загрязнения атмосферного воздуха. Этот список содержит данные об уровне концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, которые представлены в виде среднегодовых (или среднесуточных) значений. Классификация городов происходит по следующим уровням загрязнения:

- 1 – загрязнение воздуха ниже чем нормативное значение;
- 2 – нормативные значения уровня загрязнения воздуха достигаются в среднем 1-2 раза в год;
- 3 – нормативные значения уровня загрязнения воздуха превышаются в среднем 3-5 раз в год;
- 4 – нормативные значения уровня загрязнения воздуха отдельных загрязняющих веществ превышаются в среднем более 5 раз в год.

В статье [12] в качестве базового показателя уровня загрязнения воздуха в городе принимается частота его появления в двух последних списках за отчетный период. В работе [13] учитываются не только выбросы от стационарных источников и от передвижных источников, а также потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА) и эколого-географическое положение. В работе [14] проводились расчеты показателя углеродной эффективности с помощью построения трендовой модели. Мониторинг проводился на трех различных уровнях: на уровне стран, отдельных регионов и предприятий. На разных уровнях использовались свои базовые показатели (ВВП, ВРП), а на уровне предприятия – показатель, который рассчитывался как частное годового объема выручки и годового объема выбросов CO₂.

Методы мониторинга

Выбросы парниковых газов (ПГ), таких как диоксид углерода, метан и оксид азота, которые вызывают удержание тепла в атмосфере приводят к одной из главных проблем в мире – глобальному потеплению, росту уровня морей и изменению образа жизни многих животных и растений. Проблема глобального потепления – это серьезный вызов, стоящий перед всем мировым сообществом. Развитые страны, отвечающие за значительную часть выбросов парниковых газов, не могут оставаться в стороне от решения этой проблемы. Они принимают активное участие в борьбе за снижение выбросов парниковых газов и ограничении глобального потепления, в связи с чем в рамках международных соглашений разработан ряд документов, посвященных ограничению выбросов ПГ, и позволяющих решить данную проблему.

Россия ратифицировала Рамочную Конвенцию ООН об изменении климата (UNFCCC) в 1994 году, но только в 2004 году был ратифицирован Киотский протокол, который стал первым международным документом, направленным на снижение выбросов парниковых газов и стабилизацию их уровня на приемлемом безопасном уровне [15]. Ратификация Россией Киотского протокола вызвала много дискуссий и споров. Многие эксперты высказывали мнение, что Россия не получит никакой выгоды от участия в данном документе, так как она имеет огромный потенциал по снижению выбросов парниковых газов естественным путем, благодаря своим лесным массивам и другим экосистемам. Но Россия все же обязалась сократить свои выбросы парниковых газов на 5,2% от уровня 1990 года. Для выполнения этой задачи были созданы различные программы и проекты, направленные на снижение выбросов углекислого газа.

Россия разработала механизмы по сбору и анализу данных об выбросах парниковых газов. Главным органом, ответственным за сбор и обработку этих данных, является Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Отчетность России по Киотскому протоколу является обязательной и подлежит проверке со стороны международных экспертов [16].

Со временем возникла необходимость новом климатическом соглашении, так как предыдущий (Киотское протокол) не привел к существенному сокращению выбросов: во-первых, не все страны мира его подписали, а во-вторых, Китай и Индия, являющиеся лидерами выбросов ПГ, не взяли на себя обязательств по их сокращению. Новое соглашение было подписано 15 декабря 2015 года в Париже 195 странами, установило цель ограничения глобального потепления до 2 градусов Цельсия и приложило усилия для достижения более амбициозной цели в 1,5 градуса Цельсия [17]. Соглашение также предусматривает финансовую поддержку развивающимся странам для борьбы с изменением климата и перехода на чистые источники энергии.

Россия утвердила Парижское климатическое соглашение в сентябре 2019 года. В рамках этого соглашения Россия обязуется к 2030 году сократить выбросы парниковых газов до уровня 70–75% по сравнению с 1990 годом с учетом абсорбирующей способности лесов, тундры и других экосистем, которые являются важными поглотителями диоксида углерода [18].

Снижение выбросов возможно лишь благодаря внедрению комплекса мер углеродного регулирования на различных уровнях управления: экономических, законодательных и технических, что предполагает мониторинг парникового эффекта от всех возможных источников, увеличению использования возобновляемых источников энергии. У России огромный потенциал для развития альтернативных источников энергии, кото-

рый может быть использован для создания экологически чистой энергетической системы, например, ветровая, гидроэнергетика.

Концентрация парниковых газов, включая углерод метан и оксид азота, может варьироваться от 4 до 10% [19]. На протяжении последних 200 лет в результате деятельности человека она значительно увеличилась, этот рост продолжается и по сей день с большей интенсивностью. Концентрация углекислого газа в атмосфере увеличилась с 280 частей на миллион (ppm) в период до промышленной революции до более чем 400 ppm в настоящее время. Аналогично, концентрация метана увеличилась с примерно 700 нанограмм на литр (ng/L) до более чем 1800 ng/L. Что касается будущего, предполагается, что концентрация парниковых газов продолжит увеличиваться в течение следующих 100 лет. Однако, как быстро это произойдет и какие будут последствия, зависит от того, какие меры будут приняты для сокращения выбросов парниковых газов. Если ничего не изменится, то к концу века концентрация углекислого газа может достигнуть 800 ppm, что может привести к более высоким температурам и существенному изменению климата на планете.

Период времени, в течение которого парниковые газы остаются в атмосфере, зависит от типа газа. Например, углекислый газ может оставаться в атмосфере от нескольких десятилетий до нескольких столетий, в зависимости от условий. Метан имеет более короткий период жизни в атмосфере – от 10 до 12 лет, но он является более мощным парниковым газом, чем CO₂, и способен удерживать тепло в атмосфере на протяжении многих лет. Другие парниковые газы, такие как оксид азота, также могут оставаться в атмосфере в течение десятилетий.

Часть выбросов находится в атмосфере достаточно долгое время, а часть (примерно половина) поглощается природными экосистемами (растительностью, океаном, сушей). Океан является одним из самых больших поглотителей углекислого газа на Земле. Он поглощает около 25% от всего углекислого газа, выделяемого человечеством. По некоторым исследованиям, до 80% поглощения углекислого газа и производства кислорода приходится на фитопланктон [20]. Также большую роль играют океанические течения, которые перемещают углекислый газ по всему мировому океану. Однако, из-за роста концентрации углекислого газа в атмосфере, океаны начинают сталкиваться с проблемой кислотификации, углекислый газ, попадая в морские воды растворяется, превращаясь в кислоту, что в свою очередь приводит к снижению pH воды и негативно отражается на морских организмах (кораллах, ракообразных, моллюсках) и экосистемах.

Мониторинг парниковых газов позволяет получать точные данные о количестве выбросов и их распределении по территории страны. Это помогает правительству и бизнесу принимать меры по сокращению выбросов и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду и климат. Например, на основе данных мониторинга можно разрабатывать программы по энергоэффективности, внедрять новые технологии и методы производства, а также смотреть в динамике, насколько успешно проводится реорганизация промышленных предприятий и модернизация технологий производства энергии.

Для мониторинга используются различные методы, в том числе наблюдения на метеорологических станциях, в лабораториях, спутниковые данные, дистанционное зондирование с использованием самолетов, измеряющих концентрацию парниковых газов на различной высоте и дающих возможность максимально быстро получить исчерпывающую информацию на больших территориях в труднодоступных и удаленных районах [22]. Важно отметить, что спутниковый мониторинг может

быть использован только для оценки общих трендов в выбросах, а не для точного измерения объемов выбросов. Более точны измерения проводятся на специально оборудованных площадках – карбоновых полигонах [21]. Функции карбоновых полигонов включают: измерение выбросов парниковых газов, оценка эффектов изменения климата, исследование эффективности мер по борьбе с изменением климата, мониторинга состояния почвы и оценки ее потенциала для поглощения углерода. Путем анализа данных, полученных на карбоновых полигонах, можно оценить потоки углерода между почвой, растительностью и атмосферой, а также определить вклад различных факторов в углеродный баланс экосистемы. Эти данные могут быть использованы для создания и тестирования математических моделей углеродного баланса экосистем на эталонных участках. Выделение эталонных участков позволит экстраполировать итоговые результаты на большую территорию и получить данные о поглотительной способности разных типов ландшафтов.

Карбоновые полигоны играют одну из ключевых ролей в изучении выбросов парниковых газов и их влияния на изменение климата, а также в разработке стратегий по борьбе с этим явлением. Для оценки ежегодных изменений запасов углерода необходимо иметь достаточное количество карбоновых полигонов, чтобы покрыть значительную часть территории России. Для оценки ежегодных изменений запасов углерода в лесах России необходимо иметь карбоновые полигоны на всех типах лесов в различных климатических зонах. В России есть более 70 типов лесов и более 10 климатических зон, поэтому для достаточного покрытия территории нужно создать несколько тысяч карбоновых полигонов. Кроме лесов, необходимо также оценивать запасы углерода в почвах, водных экосистемах и других природных объектах. Для этого также требуется создание карбоновых полигонов на соответствующих территориях. В настоящее время в России уже действует 17 карбоновых полигонов, многие из которых сотрудничают с ведущими российскими университетами, занимающимся проблемами изменения климата.

Выводы

В заключении необходимо отметить важность темы мониторинга парниковых газов, который невозможен без соответствующего методического инструментария. Выбросы парниковых газов приводят к изменению климата, что, в свою очередь приводит к значительному экономическому ущербу. Изменение климата может снизить урожайность сельскохозяйственных культур, и, как следствие, уменьшению производства продовольствия и увеличению цен на продукты питания, увеличению заболеваемости населения, что в свою очередь, приведет к увеличению затрат на здравоохранение, уменьшению численности и биоразнообразия многих видов животных и растений, увеличению негативного воздействия экстремальных погодных условий, таких как, наводнения, засухи и лесные пожары. В целом, ущерб от выбросов парниковых газов может быть очень значительным, и экономические последствия могут быть ощутимыми во многих секторах экономики. Правительством России утверждена Федеральная научно-техническая программа в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021–2030 гг., которая является необходимым инструментом для решения экологических и климатических проблем в России и обеспечения устойчивого развития страны. Эта программа позволит улучшить экологическую ситуацию в России, сократить выбросы вредных веществ в атмосферу, землю и воду, а также предотвращать загрязнение природных ресурсов, сократить углеродный след России и более эффективно использовать

возобновляемые источники энергии, что позволит снизить зависимость от ископаемых топлив и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Кроме того, она способствует развитию инновационных технологий и научных исследований в области экологии и климата, что позволит России сохранять свои лидерские позиции в этой области. Эта программа является необходимым инструментом для решения экологических и климатических проблем в России и обеспечения устойчивого развития страны.

Литература

1. Об утверждении Положения о проведении социально-гигиенического мониторинга / Постановление Правительства Российской Федерации от 2 февраля 2006 г. № 60 (в редакции постановлений Правительства Российской Федерации от 04.09.2012г. № 882 и от 25.05.2017г. № 631).
2. Ключев Н. Н. Качество атмосферного воздуха российских городов в 1991–2016 гг. Известия РАН. Серия географическая. 2019. № 1, с. 14–23.
3. Мехоношина М.С., Третьякова Е.А. Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. 2020. № 2. С.79–93.
4. О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2017 году. Доклад Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь, 2018.
5. Безуглая Э. Ю., Смирнова И. В. Воздух городов и его изменения. СПб.: Астерион. 2008. 253 с
6. Чубирко М. И., Пичужкина Н. М. Гигиеническая диагностика влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения // Здоровье населения и среда обитания. 2008. № 1. С. 19–20.
7. Зубарева Е. Г., Курень С.Г., Юртаев А.А. Экологический мониторинг токсичности отработавших газов автомобилей в ЮФО // Инженерный вестник Дона. 2018. № 1 [Электронный ресурс]. – URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2018/4642
8. Курень С.Г. Моделирование процессов загрязнения воздуха // Известия вузов. Сев.-Кав. регион. Серия «Естеств. науки». 2014. № 4 (182). С. 78–81.
9. Коломин В.В. Особенности состояния воздушной среды в г. Астрахани // Естественные науки. 2015. № 2 (51). С. 28–36.
10. Мещурова Т.А. Оценка загрязнения атмосферного воздуха в городах пермского края. Вестник НВГУ. Экология и природопользование № 1. 2020. С. 110–118.
11. Степанова Н.В. Оценка влияния и риск для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта //Фундаментальные исследования. 2014. № 10-6. С. 1185–1190.
12. Соколовский В.Г. Атмосферный воздух России // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2005. № 1. С. 96–108.
13. Ключев Н.Н. Качество атмосферного воздуха российских городов. Известия РАН. Серия географическая. 2019, № 1, с. 14–23.
14. Таскаева А.А. Прогнозирование показателей интенсивности выбросов и углеродной эффективности на трех уровнях экономической системы. Master's journal. 2020. №2. С. 138–145.
15. Киотский протокол // United Nations Climate Change: официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: https://unfccc.int/ru/kyoto_protocol
16. КИК ООН // United Nations Climate Change: официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://unfccc.int/ru>

17. Парижское соглашение // Организация Объединенных Наций: официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: https://unfccc.int/sites/default/files/russian_paris_agreement.pdf

18. Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/BRE/_%D0%BE%D0%BA%D1%82%D1%8F%D0%B1%D1%80%D1%8C_web.pdf

19. Биненко В.И., Решетников А.И. Парниковые газы в атмосфере. // Региональная экология, 2010. №3(29). С. 24–38.

20. Кокорин А. О., Бердин В. Х. Парниковые газы – глобальный экологический ресурс: справочное пособие, WWF России. – М., 2004. – 137 с.

21. Бюллетень ВМО по парниковым газам // Всемирная Метеорологическая Организация [Электронный ресурс]. – URL: https://climate.greenpeace.ru/wp-content/uploads/2020/09/3-ghg-bulletin_15_ru.pdf

22. Карбоновые полигоны // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации: официальный сайт. – URL: <https://minobrnauki.gov.ru/action/poligony/>

Methods for monitoring greenhouse gases

Fedoseeva T.A.

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev

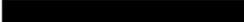
JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

Achieving the goals of sustainable development is the most important factor in the socio-economic development of society. Environmental sustainability is one of the components of sustainable development and economic security of countries and regions. Russia is one of the largest emitters of carbon dioxide, due to energy production and oil and gas production. Russia's participation in the Kyoto Protocol allowed it to take responsibility for its emissions and take steps to reduce them. In the article, the object of research is greenhouse gas monitoring as an important tool for managing sustainable development. Monitoring is necessary to assess the level of emissions in dynamics, allows you to determine the effectiveness of measures taken to reduce emissions, and correct them in time. It is noted that the existing methods allow, on the one hand, to monitor emissions from stationary sources, and on the other hand, to take into account emissions into the atmosphere from mobile sources. Both types of pollution contribute to the overall picture. The paper provides an overview of monitoring methods, describes the functional features of carbon polygons, which are used to monitor the absorption and emission of greenhouse gases by natural ecosystems with the participation of universities and research organizations. In conclusion, the importance of the topic of greenhouse gas monitoring for the socio-economic development of the country, which is impossible without the appropriate methodological tools, is substantiated.

Keywords: sustainable development, economic security, greenhouse gas monitoring, environmental innovation, biodiversity

References

1. About approval of the regulations on social and hygienic monitoring/ Decree of the government of the Russian Federation of February 2 2006 y. № 60 (as amended by the Decrees of the Russian Federation dated 04.09.2012r. № 882 and 25.05.2017 y. № 631).
2. Klyuev N.N. Atmospheric air quality in Russian cities in 1991–2016 y. Proceedings of the Russian Academy of sciences. Geographic series. 2019. № 1, p. 14–23.
3. Mekhonoshina M.S., Tretyakova E.A. Environmental safety of construction and urban economy // Bulletin of PNRPU. Applied Ecology. Urbanistics. 2020. № 2. p.79–93.
4. About the state and protection of the environment of the Perm territory in 2017 year. Report of the Ministry of Natural Resources, Forestry and Ecology of the Perm Territory. Permian. 2018.
5. Bezuglaya E. Yu., Smirnova I.V. Air of cities and its changes. SPb.: Asterion. 2008. 253 p.
6. Chubirko M.I., Pichuzhkina N.M. Hygienic diagnostics of the impact of atmospheric air pollution on public health//Public health and habitat. 2008. № 1. p. 19–20.
7. Zubareva E.G., Kuren S.G., Yurtarv A.A. Environmental monitoring of toxicity of exhaust gases of vehicles in the southern federal district //Don engineering gazette. 2018. № 1 [Electronic resource]. – URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2018/4642
8. Kuren S.G. Simulation of air pollution progresses // Izvestiya vuzov. North-Kav. region. Series "Natural sciences". 2014. № 4 (182). p. 78–81.
9. Kolomin V.V. Features of the state of the air environment in the city of Astrakhan// Natural sciences. 2015. № 2 (51). p. 28–36.

- 
10. Meshchurova T.A. Evaluation of atmospheric air pollution in the cities of the Perm region. Vestnik NVGU. Ecology and nature management. № 1. 2020. p. 110-118.
 11. Stepanova N.V. Assessing the impact and risk to public health from air pollution from vehicle emissions // Basic research. 2014. № 10-6. p. 1185-1190.
 12. Sokolovsky V.G. Atmospheric air in Russia // Use and protection of natural resources in Russia. 2005. № 1. p. 96-108.
 13. Klyuev N.N. Atmospheric air quality in Russian cities. Izvestiya Russian Academy of Sciences. Geographic series. 2019, № 1, p. 14-23.
 14. Taskaeva A.A. Forecasting Emission Intensity and Carbon Efficiency at Three Levels of the Economic System. Master's journal. 2020. №2. p. 138-145.
 15. Kyoto Protocol // United Nations Climate Change: [Electronic resource]. – URL: https://unfccc.int/ru/kyoto_protocol
 16. KIK OON // United Nations Climate Change: [Electronic resource]. –URL: <https://unfccc.int/ru>
 17. Paris Agreement // United Nations: [Electronic resource]. – URL: https://unfccc.int/sites/default/files/russian_paris_agreement.pdf
 18. Bulletin on current trends in the Russian economy // Analytical Center under the Government of the Russian Federation [Electronic resource]. – URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/BRE/_%D0%BE%D0%BA%D1%82%D1%8F%D0%B1%D1%80%D1%8C_web.pdf
 19. Binenko V.I., Reshetnikov A.I. Greenhouse gases in the atmosphere // Regional ecology, 2010. №3(29). p. 24- 38.
 20. Kokorin A. O., Berdin V. Kh. Greenhouse gases as a global environmental resource: a reference guide, WWF России. – М., 2004. – 137 p.
 21. WMO Greenhouse Gas Bulletin // World Meteorological Organization [Electronic resource]. – URL: https://climate.greenpeace.ru/wp-content/uploads/2020/09/3-ghg-bulletin_15_ru.pdf
 22. Carbon polygons // Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation [Electronic resource]. – URL: <https://minobrnauki.gov.ru/action/poligony/>