

Геоинформатика. 2025. № 2. С. 26–33.
Geoinformatika. 2025;(2):26–33.

Геоэкология

Научная статья
 УДК 007, 502.3
<https://doi.org/10.47148/1609-364X-2025-2-26-33>

Разработка системы комплексного учета выбросов парниковых газов: методическая база, архитектура и функциональные возможности

© 2025 г. — Руслан Владимирович Гладышев^{1, 2)}

¹⁾ ГБОУ ВО МО «Университет Дубна», Институт системного анализа и управления; Дубна, Россия

²⁾ ООО «Национальный центр климатических проектов»; Москва, Россия

ruslan.gladyshev.00@mail.ru

Аннотация: Статья посвящена описанию разработки системы комплексного учета выбросов парниковых газов, ориентированной на широкое практическое применение в организациях различного профиля. Актуальность исследования обусловлена современной потребностью повышения эффективности климатического мониторинга в условиях усиления углеродного регулирования. Для методической обоснованности разработанной системы была решена проблема неполного охвата национальной методикой части источников прямых выбросов парниковых газов, что обеспечило возможность получения объективных показателей объемов эмиссий и формирования достоверной и прозрачной климатической отчетности. Реализация системы выполнена на базе одного из наиболее распространенных и функционально насыщенных средств табличной обработки данных, используемых в практиках климатического и производственного учета. Особое внимание в статье уделено модулю визуализации результатов в виде аналитического Дашборда, содержащего, наряду с классическими элементами инфографики, интерактивную карту с отображением пространственного распределения источников выбросов и индикацией их интенсивности. Использование геоинформационной компоненты позволяет не только повысить наглядность представления результатов, но и обеспечить углубленный пространственно-временной анализ выбросов, что открывает дополнительные возможности для интерпретации данных. Разработанная система направлена на повышение эффективности климатического мониторинга, совершенствование отчетных процедур и поддержку принятия обоснованных управленческих решений в сфере устойчивого развития.

Ключевые слова: выбросы парниковых газов; учет выбросов; методы количественного определения выбросов; климатический мониторинг; Дашборд.

Для цитирования: Гладышев Р.В. Разработка системы комплексного учета выбросов парниковых газов: методическая база, архитектура и функциональные возможности // Геоинформатика. — 2025. — № 2. — С. 26–33. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2025-2-26-33>.

Geoecology

Original article

Development of a comprehensive greenhouse gas emissions accounting system: methodological basis, architecture, and functional capabilities

© 2025 — Ruslan V. Gladyshev^{1, 2)}

¹⁾ Dubna State University, Institute of System Analysis and Management; Dubna, Russia

²⁾ «National Center for Climate Projects» LLC; Moscow, Russia

ruslan.gladyshev.00@mail.ru

Abstract: The article is devoted to the development of a comprehensive greenhouse gas (GHG) emissions accounting system designed for broad practical application across organizations of various profiles. The relevance of the study is due to the current need to improve the efficiency of climate monitoring under conditions of strengthened carbon regulation. To ensure the methodological soundness of the proposed system, the issue of the national methodology's insufficient coverage of certain categories of direct GHG emission sources was addressed, that allowed for the generation of objective emission estimates and the formation of reliable and transparent climate reporting. The system is implemented based on one of the most widely adopted and functionally rich spreadsheet processing tools used in climate and production accounting practices. Special attention in the work is given to the results visualization module in the form of an analytical dashboard, which contains, along with classical infographic elements, an interactive map displaying the spatial distribution of emission sources and indicating their intensity. The inclusion of a geoinformation component not only enhances the clarity of data presentation but also enables in-depth spatiotemporal analysis of emissions, which opens up additional opportunities for data interpretation. The developed system aims to improve the efficiency of climate monitoring, optimize reporting procedures, and support informed decision-making in the field of sustainable development.

Key words: greenhouse gas emissions; emission accounting; methods for quantifying emissions; climate monitoring; Dashboard.

For citation: Gladyshev R.V. Development of a comprehensive greenhouse gas emissions accounting system: methodological basis, architecture, and functional capabilities. Geoinformatika. 2025;(2):26–33. [https://doi.org/ 10.47148/1609-364X-2025-2-26-33](https://doi.org/10.47148/1609-364X-2025-2-26-33). In Russ.

Введение

В условиях глобального изменения климата и усиления углеродного регулирования количественная оценка выбросов парниковых газов становится неотъемлемым элементом ответственного природопользования. Компании, промышленные предприятия и государственные организации все чаще сталкиваются с необходимостью учета своих выбросов в рамках международных стандартов и национальных климатических стратегий. Актуальность разработки методически подкрепленной и технологически доступной системы, обеспечивающей систематизированный, воспроизводимый и интегрируемый учет выбросов для целей климатической отчетности, аналитической обработки данных и принятия обоснованных управленческих решений, обусловлена современной потребностью повышения эффективности климатического мониторинга.

Анализ современного состояния предметной области позволил выделить следующие проблемы.

Во-первых, в настоящее время национальная методика количественной оценки прямых выбросов парниковых газов, утвержденная приказом Минприроды России, не охватывает часть производственно-технологических процессов и парниковых газов, заявленных как учитываемые в некоторых категориях источников, в отношении которых осуществляется государственный учет выбросов [1]. Поэтому для получения объективных показателей объемов эмиссий и формирования достоверной и прозрачной климатической отчетности необходимо создание надежной методической базы количественного определения прямых выбросов парниковых газов.

Во-вторых, современные технологические средства для решения задач количественной оценки выбросов часто базируются на применении сложных специализированных программных комплексов, требующих высокой квалификации пользователей и значительных ресурсов для внедрения. Это создает барьеры для широкого применения таких инструментов на местах, особенно среди специалистов, не обладающих глубокими знаниями в области программирования и работы с аналитическими платформами. В связи с этим чрезвычайно важным представляется разработка универсального инструмента количественного учета выбросов парниковых газов, способного обеспечить не только доступность с точки зрения пользовательского опыта специалистов, непосредственно задействованных в сборе и обработке данных, но и технологическую совместимость с уже существующими на

предприятиях системами климатического и производственного учета.

Таким образом, особую актуальность приобретает разработка системы комплексного учета выбросов парниковых газов, которая сочетает нормативно обоснованную методику оценки с технологическими решениями, автоматизирующими расчеты, на базе широко применяемых в практической деятельности большинства предприятий универсальных средств табличной обработки данных.

В статье представлены основные результаты научных и практических исследований, проведенных автором в этом направлении. Работы выполнялись в рамках реализации проекта «Разработки системы учета прямых и косвенных энергетических выбросов парниковых газов» в компании ООО «Национальный центр климатических проектов».

Методическая база количественной оценки выбросов парниковых газов

В основе учета парниковых газов должны лежать принципы обеспечения полноты охвата выбросов и получения наиболее точных результатов расчетов:

- принцип полноты требует, чтобы компании учитывали все значимые выбросы парниковых газов в установленных границах. Исключения возможны только при наличии обоснованных причин, которые должны быть четко раскрыты в отчетности. Это обеспечивает целостность инвентаризации выбросов и позволяет избежать предвзятости или выборочного учета данных [2];
- принцип точности предписывает нивелировать систематическое завышение или занижение показателей количественной оценки выбросов парниковых газов по сравнению с фактическими выбросами, свести к минимуму степень неопределенности расчетов и, как результат, достичь настолько высокую точность, насколько это реализуемо. Достигается это использованием надежных методик, достоверных исходных данных и коэффициентов выбросов, основанных на измерениях или авторитетных источниках. Высокий уровень точности учета выбросов лежит в основе принятия обоснованных управленческих решений, а отчетность о мерах, принятых для обеспечения точности, может способствовать повышению доверия и прозрачности [2].

Совокупное соблюдение этих принципов формирует надежную информационную основу для принятия обоснованных управленческих решений, подготовки климатической отчетности и разработки эффективных мер по снижению эмиссий.

В ходе анализа существующей нормативно-методической базы количественного определения прямых выбросов парниковых газов были сопоставлены две основные методики расчета прямых выбросов: «Методика количественного определения объема выбросов парниковых газов», утвержденная приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27 мая 2022 г. № 371 [3] (далее — «национальная методика») и «Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006» [4] (далее — «международная методика»). Полученные в ходе исследований результаты позволили сделать следующие выводы.

1. Национальная методика не охватывает часть производственно-технологических процессов и парниковых газов, заявленных как учитываемые в некоторых категориях источников, в отношении которых осуществляется государственный учет выбросов, тогда как международная методика содержит в себе все необходимые методы количественной оценки для всех возможных категорий.

2. Для некоторых видов парниковых газов расчет выбросов по национальной методике сопровождается использованием национальных коэффициентов выбросов (уровень 2 — коэффициенты, основанные на измерениях или других документированных данных), способствующих получению более точных результатов оценки по сравнению с общемировыми коэффициентами (уровень 1 — коэффициенты по умолчанию), представленными в международной методике.

Таким образом, использование методов количественной оценки, имеющихся в международной методике, способствует соблюдению принципа полноты, обеспечивая всесторонний охват значимых источников выбросов, а применение коэффициентов выбросов национальной методики позволяет соблюдать принцип точности, обеспечивая минимизацию неопределенностей и корректность расчетов.

Создание надежной методической базы количественного определения прямых выбросов парниковых газов может быть достигнуто за счет комплексирования российского методического подхода с международной практикой оценки. Это обеспечит возможность получения объективных показателей объемов эмиссий и формирования достоверной и прозрачной климатической отчетности, в частности:

1) обязательной государственной отчетности в соответствии с «Формой отчета о выбросах парниковых газов», утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 20.04.2022 г. № 707 [5];

2) добровольной нефинансовой отчетности, достоверно и доступно отражающей для заинтересованных сторон основные аспекты и результаты

своей деятельности, связанные с реализацией стратегии устойчивого развития [1].

Архитектура системы и программное обеспечение для ее реализации

Разработанная система комплексного учета выбросов парниковых газов представляет собой трехуровневую структуру, обеспечивающую последовательное и корректное проведение вычислений, удобное и систематизированное агрегирование, а также всесторонний и качественный анализ данных. Основными задачами, которые решает данная система, являются: обеспечение централизованного сбора исходных данных, автоматизация расчетов выбросов и наглядная визуализация получаемых результатов.

Функционирование системы выстроено на взаимодействии нескольких связанных между собой наборов данных, организованных в три уровня (рис. 1).

Первый уровень — это расчетные наборы данных, предназначенные непосредственно для количественной оценки выбросов. Для каждой бизнес-единицы в составе отчитывающейся организации (например, предприятия группы) в едином подходе формируется свой расчетный набор данных. При их подготовке учитывается специфика производственно-технологических процессов на предприятии, а также виды потребляемых топлива, сырья и материалов.

Дополнительно в системе предусмотрен отдельный набор данных с коэффициентами, используемыми на первом уровне. Это позволяет обеспечить единообразие расчетов и автоматическое обновление коэффициентов во всех связанных наборах данных, а также исключить возможность расхождений в применяемых значениях.

Второй уровень представлен единым Кадастром, который аккумулирует данные, полученные на предыдущем уровне, и обеспечивает их централизованное хранение. Агрегирование результатов выбросов выполняется с учетом различий в производственно-технологических процессах предприятий и характерных для них категорий источников. Это позволяет не только систематизировать разнородные показатели, но и обеспечить их корректное сопоставление для дальнейшего анализа.

Третий уровень представляет собой Дашборд — аналитический инструмент, который превращает массив данных в наглядную и информативную характеристику пространственного и временного распределения выбросов. Дашборд позволяет быстро структурировать представленную в Кадастре информацию и визуализировать ее, предоставляя пользователям широкий спектр диаграмм для детального анализа. Настраиваемая система фильтров дает возможность анализировать выбросы с разных позиций: от сопоставления предприятий

Рис. 1. Иерархическая диаграмма системы

Fig. 1. System hierarchy diagram



и их объектов до отслеживания динамики в охватах и категориях по временным периодам.

При выборе программного обеспечения для реализации системы основное внимание уделялось таким критериям, как высокая степень распространенности и доступности, наличие встроенных средств табличной обработки данных и построения инфографики, включая картографическую, а также потенциал для последующего расширения функциональных возможностей. Анализ программного обеспечения, используемого сегодня в данной сфере, показывает, что одним из наиболее распространенных и функционально насыщенных решений является Microsoft Excel. В силу своей универсальности и повсеместной доступности этот пакет получил широкое распространение в практиках климатического и производственного учета: значительная часть операционных данных на предприятиях по-прежнему обрабатывается и хранится в формате именно этого программного обеспечения.

Функциональные возможности разработанной системы

Уровень 1. Расчетные наборы данных

Первый уровень системы представлен индивидуальными расчетными наборами данных, разработанными для каждого предприятия. Они обладают единой структурной основой, но могут отличаться набором расчетных блоков в зависимости от специфики производственно-технологических процессов.

Каждый расчетный набор данных включает в себя следующие ключевые элементы:

1. Блок ввода данных — предназначен для внесения исходных данных в заранее подготовленные поля.
2. Блоки расчетов — содержат предопределенные алгоритмы количественной оценки выбросов парниковых газов. Число и состав этих блоков варьируются в зависимости от категорий источников выбросов, характерных для предприятия.
3. Блок кадастра — агрегирует результаты расчетов в разрезе всех категорий, видов топлива, сырья и материалов, а также видов парниковых газов.

Блоки ввода данных и кадастра присутствуют в каждом наборе данных вне зависимости от специфики предприятия, тогда как расчетные блоки формируются индивидуально в зависимости от имеющихся источников выбросов.

На вход первого уровня системы поступают исходные данные, включающие:

- сведения о потреблении топлива, сырья и материалов;
- информацию о производственных процессах и выпуске продукции;
- данные о генерируемых отходах;
- характеристики физико-химических свойств используемых веществ.

Исходные данные вносятся вручную в блоке ввода данных. Далее система автоматически распределяет их по соответствующим расчетным блокам, где осуществляется количественная оценка выбросов на основе заранее запрограммированных формул и коэффициентов.

Каждый расчетный блок адаптирован под конкретную категорию источников выбросов и соответствующий вид топлива, сырья или продукции. Пользователю не требуется вмешательство в расчеты — достаточно корректного ввода исходных данных, после чего система автоматически производит вычисления и формирует результат.

После выполнения расчетов показатели выбросов автоматически переносятся в блок кадастра предприятия. На этом этапе они структурируются по категориям источников, видам топлива и парниковых газов, что обеспечивает прозрачность и полноту представления информации перед ее передачей на следующий уровень системы.

Необходимо отметить, что для обеспечения более корректного расчета удельных выбросов (масса выбросов на единицу продукции) в ряде случаев требуется выделение отдельных технологических процессов или подразделений предприятия. Например, если лишь один из цехов непосредственно участвует в производстве продукции, а остальные генерируют выбросы, но не связаны с ее выпуском, то целесообразно рассматривать их в качестве отдельных объектов данного предприятия. Такой подход позволяет исключить влияние несвязанных процессов, обеспечивая более точное определение удельных выбросов и обоснованный анализ климатической эффективности производства.

Этот принцип реализован и в разработанной системе: исходные данные вводятся отдельно по каждому объекту без предварительного суммирования показателей, что позволяет не только повысить точность расчетов, но и обеспечить детализированное представление результатов. В дальнейшем это дает возможность анализировать выбросы как по предприятию в целом, так и в разрезе отдельных объектов и их специализаций.

Уровень 2. Кадастр предприятий

Второй уровень системы представлен единым Кадастром, который выполняет функцию связующего звена между расчетными наборами данных и Дашбордом. Основная задача этого уровня — агрегирование и структурирование данных, полученных на предыдущем уровне, для их дальнейшего анализа и визуализации. Структура Кадастра состоит из двух блоков: первый включает в себя результаты выбросов парниковых газов по всем предприятиям, а второй — по каждому объекту этих предприятий. Вместе с тем на данном этапе вводится классификация объектов по специализациям, что впоследствии используется в Дашборде в качестве фильтра для углубленного анализа.

Помимо своей агрегирующей функции, Кадастр является основным источником информации о количественных показателях выбросов парниковых газов в табличной форме, обеспечивая целостность данных и их удобное представление для дальнейшей обработки.

Уровень 3. Дашборд: визуализация и аналитическая обработка данных

Третий уровень системы — Дашборд — представляет собой централизованный инструмент визуализации и аналитической обработки данных, полученных на предыдущих этапах. Основной задачей этого уровня является преобразование агрегированных результатов выбросов из Кадастра в удобные и информативные графические представления, обеспечивая интерактивный анализ (рис. 2).

Набор данных Дашборда включает в себя сложную многослойную структуру, большая часть которой скрыта от пользователя. В его основе лежит система вспомогательных таблиц, которые автоматически извлекают, обрабатывают и структурируют данные из Кадастра. Результатом этой обработки становится масштабная плоская таблица, на основе которой формируются сводные таблицы с гибкими фильтрами, в конечном итоге обеспечивающими динамическую визуализацию данных.

Пользователь взаимодействует исключительно с основным интерфейсом Дашборда, представленного набором из 12 диаграмм и 8 фильтров в виде интерактивных срезов. Одной из ключевых особенностей Дашборда является интеграция геоинформационной компоненты. На карте географического расположения предприятий выбросы визу-

Рис. 2. Дашборд
Fig. 2. Dashboard



ализируются в формате пузырьковой диаграммы, где размер каждого круга пропорционален объему выбросов. Такой подход значительно повышает наглядность представленных данных, позволяя оперативно оценивать пространственное распределение выбросов и выявлять ключевые тенденции.

Таким образом, Дашборд не только обеспечивает удобный доступ к информации, но и создает условия для углубленного анализа выбросов, формируя целостное представление о климатической обстановке и поддерживая процесс принятия управленческих решений.

Заключение

Разработанная система не только автоматизирует и упрощает процесс оценки выбросов парниковых газов, но и обеспечивает его высокую структурированность и прозрачность. Четкое разграничение уровней обработки данных, единые методологические принципы расчетов и централизованное хранение результатов позволяют минимизировать риски ошибок и несоответствий.

Предлагаемая методика расчетов основана на признанных подходах к инвентаризации выбросов парниковых газов и использует нормативно утвержденные параметры, что способствует обе-

спечению достоверности и обоснованности получаемых количественных оценок. Она формирует надежную основу для подготовки отчетных материалов и проведения аналитических оценок, необходимых для планирования углеродной политики на различных уровнях управления.

Ключевой особенностью технологической реализации системы является формализованное представление результатов количественной оценки выбросов на основе Дашборда – динамического отчета, выполненного в виде интерактивной информационно-аналитической панели с визуализацией данных о выбросах парниковых газов при помощи диаграмм, графиков и геоинформационной компоненты, обеспечивающей наглядное представление объектов оценки и пространственный анализ закономерностей в полученных значениях объемов выбросов.

Надежная методическая база и гибкие аналитические возможности делают систему удобным инструментом для комплексного анализа выбросов, что, в свою очередь, способствует повышению эффективности климатического мониторинга и обоснованности принимаемых управленческих решений.

Список источников

1. *Гладышев Р.В., Латыпов М.Ф., Любимова А.В.* Анализ методической базы количественного определения прямых выбросов парниковых газов // Системный анализ в науке и образовании. – 2024. – № 1. – С. 39–49.
2. *Greenhouse Gas Protocol. Corporate Accounting and Reporting Standard / World Resources Institute, World Business Council for Sustainable Development.* – Revised edition. — Washington, 2004. — 116 p.
3. *Методики количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов* [Электронный ресурс]: утв. приказом Минприроды России от 27 мая 2022 г. № 371 ; зарегистр. в Минюсте России 29 июля 2022 года, № 69451. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207290034> (дата обращения 26.05.2025).
4. *Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006* [Электронный ресурс] // Ред. С. Игглестон, Л. Буэндиа, К. Мива, Т. Нгара, К. Танабе. – Хаяма: Институт глобальных стратегий окружающей среды, 2006. – 19 с. Режим доступа: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/index.html> (дата обращения 26.05.2025).
5. *Об утверждении Правил представления и проверки отчетов о выбросах парниковых газов, формы отчета о выбросах парниковых газов, Правил создания и ведения реестра выбросов парниковых газов и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации: Постановление Правительства Российской Федерации от 20.04.2022 № 707* // Собрание законодательства РФ. – 2022. – № 17. – Ст. 2914.

References

1. *Gladyshev R.V., Latypov M.F., Lyubimova A.V.* Analysis of the methodological base for quantifying direct greenhouse gas emissions. *System Analysis in Science and Education*. 2024;(1):39–49.
2. *Greenhouse Gas Protocol. Corporate Accounting and Reporting Standard.* Revised edition. Washington, 2004. 116 p.
3. *Metodiki kolichestvennogo opredeleniya ob'emov vybrosov parnikovyykh gazov i pogloshchenii parnikovyykh gazov* [Methodologies for the quantitative determination of greenhouse gas emissions and greenhouse gas absorption volumes]: approved by order of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation No. 371 of May 27, 2022 registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on July 29, 2022, No. 69451. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207290034> (accessed 26.05.2025).
4. *Eggleston S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. (eds.)* 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Hayama: IGES, 2006. 19 p. Available at: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> (accessed 26.05.2025).
5. *Ob utverzhdenii Pravil predstavleniya i proverki otchetov o vybrosakh parnikovyykh gazov, formy otcheta o vybrosakh parnikovyykh gazov, Pravil sozdaniya i vedeniya reestra vybrosov parnikovyykh gazov i o vnesenii izmenenii v nekotorye akty Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii* [On the approval of the Rules for the submission and verification of greenhouse gas emissions reports, the form of the greenhouse gas emissions report, the Rules for the creation and maintenance of the greenhouse gas emissions registry, and on amendments to certain acts of the Government of the Russian Federation]: Decree of the Government of the Russian Federation No. 707 of April 20, 2022. *Sobranie zakonodatel'stva RF*. 2022;(17):2914.

Статья поступила в редакцию 11.03.2025 г., одобрена после рецензирования 13.04.2025 г., принята к публикации 01.06.2025 г.
The article was submitted 11.03.2025; approved after reviewing 13.04.2025; accepted for publication 01.06.2025.

Информация об авторах

Гладышев Руслан Владимирович

Аспирант

ГБОУ ВО МО «Университет Дубна»

Институт системного анализа и управления

141980 Дубна, ул. Университетская, д. 19

Главный специалист департамента развития проектов

ООО «Национальный центр климатических проектов»

117420 Москва, ул. Профсоюзная, д. 57

e-mail: ruslan.gladyshev.00@mail.ru

Information about authors

Ruslan V. Gladyshev

Graduate Student

Dubna State University, Institute of System Analysis
and Management

19, Universitetskaya Str., Dubna, 141980, Russia

Chief Specialist of the Project Development Department

«National Center for Climate Projects» LLC

57, Profsoyuznaya Str., Moscow, 117420, Russia

e-mail: ruslan.gladyshev.00@mail.ru