

УДК 528.44:528.9

<https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-1-157-170>

Принципы организации и методическая основа геоинформационного обеспечения кадастра антропогенных выбросов парниковых газов на основе национальной системы пространственных данных РФ

*А. В. Разин*¹✉

¹ Министерство сельского хозяйства Российской Федерации,
г. Москва, Российская Федерация
e-mail: pr.razina@mcx.gov.ru

Аннотация. Современные тренды развития землеустройства, территориального планирования и мониторинга земель включают задачи смягчения последствий антропогенных выбросов парниковых газов. В статье представлены методические решения по использованию сведений системы национальных кадастров РФ, оперирующих пространственными данными для расчета показателей, учитываемых в кадастре антропогенных выбросов парниковых газов. Целью статьи является обеспечение экономической эффективности, актуальности и объективности кадастра антропогенных выбросов парниковых газов за счет геоинформационного сопровождения интеграции и агрегации данных национальных кадастров. В результате проведенных исследований сформулированы принципы геоинформационного обеспечения реализации и ведения кадастра антропогенных выбросов парниковых газов. Обобщены возможности использования сведений кадастра антропогенных выбросов парниковых газов для комплексной диагностики состояния природных, природно-хозяйственных и социально-экономических территориальных систем, а также для экологической, экономической и качественной оценки земельных ресурсов.

Ключевые слова: мониторинг земель, координация источников выбросов, кадастр выбросов, смягчение последствий загрязнений, геоинформационное обеспечение

Для цитирования:

Разин А. В. Принципы организации и методическая основа геоинформационного обеспечения кадастра антропогенных выбросов парниковых газов на основе национальной системы пространственных данных РФ. *Вестник СГУГиТ*. 2026. Т. 31, № 1. С. 157–170. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-1-157-170>

Organizational principles and methodological foundations for GIS-based cadastre of anthropogenic greenhouse gas emissions within Russia's National spatial data system

*A. V. Razin*¹✉

¹Ministry of Agriculture of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation
e-mail: pr.razina@mcx.gov.ru

Abstract. Contemporary trends in land management, territorial planning, and land monitoring address the mitigation of anthropogenic greenhouse gas emission impacts. The study proposes methodological approaches for utilizing data from Russia's national cadastre systems, which leverage spatial

datasets, to compute indicators for the anthropogenic greenhouse gas emissions cadastre. Its principal aim is to enhance the economic efficiency, timeliness, and objectivity of this cadastre via geoinformatic integration and aggregation of national cadastre data, while articulating core principles for its geoinformatic implementation and maintenance. Additionally, the research synthesizes cadastre data applications for holistic diagnostics of natural, agro-economic, and socio-economic territorial systems, alongside ecological, economic, and qualitative evaluations of land resources.

Keywords: land monitoring, coordination of emission sources, emissions cadaster, pollution mitigation, geoinformation support

For citation:

Razin A. V. (2026). Organizational principles and methodological foundations for GIS-based cadastre of anthropogenic greenhouse gas emissions within Russia's National spatial data system. *Vestnik SSUGiT [Vestnik SSUGT]* Vol. 31, No. 1. pp. 157–170. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-1-157-170>

Введение

С момента создания Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) в 1988 г. было опубликовано 6 сводных отчетов, касающихся изменения климата (1990, 1995, 2001, 2007, 2014, 2023 гг.), являющихся важными вехами в получении научно обоснованных выводов и разработке превентивных мер реагирования на угрозы антропогенных выбросов парниковых газов (далее – Кадастр выбросов). За время своей работы МГЭИК неоднократно уточняла руководство по составлению национальных отчетов об инвентаризации источников выбросов парниковых газов по их видам и категориям землепользования. Кадастр выбросов как система претерпевал существенные изменения и модернизацию.

Одной из рекомендаций МГЭИК была необходимость использовать не только более точный и полный список антропогенных источников и поглотителей парниковых газов за периоды времени наблюдения, но и в большей степени согласовывать результаты с административными границами. В первую очередь это связано с необходимостью реализации мер по смягчению социальных последствий загрязнений воздушных бассейнов [1]. В этой парадигме геопространственные технологии следует рассматривать как основу для разработки и внедрения эффективных технологий формирования Кадастра выбросов, планирования и оценки действий по борьбе с изменением климата, прогнозированием и установлением достижимых целей по

смягчению последствий антропогенных выбросов парниковых газов [2].

Адаптация общих рекомендаций МГЭИК к специфике российской практики ведения кадастра выбросов сопряжена с рядом методических и организационных проблем. Хотя рекомендации МГЭИК служат фундаментальной основой для национальных инвентаризаций парниковых газов [3], их прямое применение в Российской Федерации сталкивается со следующими вызовами:

1) методические различия: различия в доступности, степени детализации и актуальности исходных данных, необходимых для расчетов по методикам МГЭИК; специфика национальных классификаторов и систем учета; необходимость разработки национальных коэффициентов выбросов [4, 5];

2) организационные различия: необходимость координации усилий множества федеральных органов исполнительной власти, каждый из которых ведет собственные информационные ресурсы и кадастры; сложности интеграции данных из различных национальных кадастров; необходимость нормативно-правового обеспечения адаптации международных рекомендаций [6, 7].

С начала 2000-х гг. в РФ началось детальное изучение потоков парниковых газов, их влияния на систему землепользования, как в глобальном масштабе, так и на уровне подстилающих поверхностей и атмосферы локальных территорий [8, 9]. Основанием для этих исследований стали результаты первого доклада МГЭИК, где упоминалось о наблюдаемом в течение 1980-х гг. увеличении атмо-

сферных концентраций CO_2 , CH_4 , ХФУ и N_2O в результате человеческой деятельности, каждая из которых увеличила вынуждающее радиационное воздействие на поверхность Земли на 56, 15, 24 и 5 % соответственно [10].

На основании сводных отчетов национальных Кадастров выбросов стало очевидно, что повышение достоверности данных о выбросах парниковых газов в городах может улучшить понимание основных взаимосвязей между пространственной организацией городов и их энергопотреблением, а также позволяет проводить сравнения и контроль реализации политик в этом направлении [11–13].

По результатам использования совокупности сведений государственных информационных систем (государственных кадастров) и современных геоинформационных решений следует ожидать снижения затрат на формирование и ведение Кадастра выбросов, повышение актуальности и обоснованности его сведений. Информация, полученная в результате таких исследований, может помочь в формировании правил землепользования и застройки территорий городских агломераций, в совершенствовании системы землеустройства и территориального планирования [14]. Это, несомненно, приведет и к формированию более обоснованных решений по смягчению негативного воздействия парниковых газов на окружающую человека среду.

Постановка проблемы

Формирование Кадастра выбросов представляет собой совокупность многих взаимосвязанных мероприятий, включающих разработку методик расчетов объемов выделения и поглощения парниковых газов, натурные измерения, получение пространственных характеристик территорий и т. п. Базисом для таких измерений и расчетов являются геопространственные данные, посредством которых рассчитываются численные характеристики выбросов парниковых газов, дифференцированных по отраслям народного хозяйства и категориям земель.

Таким образом, ведение Кадастра выбросов и подготовка соответствующего национального доклада в рамках исполнения меж-

дународных обязательств РФ должны базироваться на многопрофильных сведениях, учтенных в государственных кадастрах различного целевого назначения.

В целях разработки соответствующих мер смягчения последствий выбросов на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 01.03.2006 № 278-р была создана и функционирует Российская система оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом по веществам, разрушающим озоновый слой, принятым в г. Монреале 16.09.1987 (Система оценки). Система оценки создана для решения главной задачи: разработки мероприятий, направленных на ограничение (снижение) антропогенных выбросов из источников и (или) абсорбции поглотителями парниковых газов [15].

Государственные кадастры отличаются друг от друга принципами создания и ведения, видами данных, установленными погрешностями определения пространственных и качественных характеристик объектов учета, уровнем обобщения информации, нормативным сроком обновления и форматами данных. Совокупности объектов государственных кадастров могут иметь пространственную локализацию в различных системах координат [16], одни и те же объекты в силу правил генерализации картографических отображений могут иметь различные площадные характеристики. Наличие таких особенностей может снижать объективность расчетных характеристик, учитываемых в Кадастре выбросов, и сокращать эффективность применения методов геоанализа контролируемых показателей негативного влияния источника выбросов на территорию [17], а также объективность расчетов объемов выделения и поглощения парниковых газов.

Поэтому вопросы использования и совмещения сведений государственных кадастров при наличии указанных особенностей их ведения и содержания являются насущной методической задачей в плоскости реализации эффективной системы инвентаризации антропогенных выбросов парниковых

газов и подготовки соответствующего национального отчета.

Методические решения

Предложенный геоинформационный подход и сформулированные принципы («структурности», «иерархичности», «целостности систем», «множественности описания его компонентов») являются общими и универсальными для геоинформационного обеспечения и ведения кадастра антропогенных выбросов парниковых газов по всем категориям и секторам.

Выделение секторов «Отходы», «Энергетика», «Промышленные процессы и использование продукции» [15] обусловлено их наибольшим вкладом в совокупный объем выбросов парниковых газов в Российской Федерации и/или существенной динамикой их роста (например, выбросы CH_4 от сектора «Отходы»). В связи с этим данные секторы рассматриваются как приоритетные для первоочередного внедрения и апробации предлагаемых ГИС-технологий и методов интеграции данных с целью получения наиболее значимого эффекта в повышении точности и полноты кадастра.

Любые решения, связанные с пространственной локализацией объектов Кадастра выбросов и расчета объемов выброса парниковых газов от их эксплуатации, связаны с наличием качественной цифровой картографической основы. В целях формирования принципов и методических рекомендаций по использованию необходимого спектра геопространственных данных для вычислений численных значений показателей выбросов парниковых газов следует рассмотреть следующий ряд вопросов.

Прежде всего, это вопросы, связанные с оценкой значимости участия видов хозяйственной деятельности, а также категорий земель, определенных Земельным кодексом РФ в формировании общего объема выбросов парниковых газов.

Для РФ на 2021 г. характерны следующие численные характеристики (табл. 1) влияния видов хозяйственной деятельности на совокупность выбросов парниковых газов.

Таблица 1

Значения вклада учетных разделов Кадастра выбросов в совокупный объем, % (без учета разделов «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство» и «Прочие»)

Год	Энергетика	Промышленные процессы и использование продукции	Сельское хозяйство	Отходы
2021	77,9	12	5,6	4,5
1990	81,4	9	7,9	1,7

К наиболее значимым отрицательным по воздействию изменениям объемов следует отнести разделы «Отходы» и «Промышленные процессы и использование продукции». По разделу «Отходы» основной прирост (рис. 1) произошел за счет выбросов CH_4 , значение которых увеличилось за период 1990–2011 гг. примерно в 3 раза.

Полигоны захоронения твердых коммунальных отходов являются третьим по величине антропогенным источником атмосферного метана, поэтому важное значение имеет изучение образования метана в условиях полигона твердых бытовых отходов и его зависимости от различных факторов [18].

Раздел «Энергетика» демонстрирует снижение уровня вклада в общий объем, но остается в 3,5 раза значимее совокупности всех остальных источников. Упомянутые категории являются приоритетными для реализации геоинформационных методов и технологий ведения Кадастра выбросов с использованием ГИС-систем.

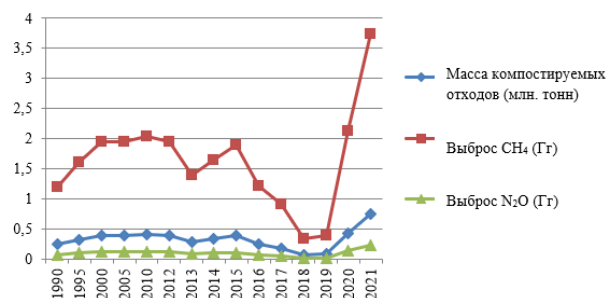


Рис. 1. Значение выбросов основных компонент парниковых газов для раздела Кадастра выбросов «Отходы»

Интересной практикой является учет естественных и антропогенных изменений системы землепользования. Так, Минсельхоз России в 2024 г. подготовил реестр уже собранных данных по осушаемым земельным участкам сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в виде векторного покрытия границ и реквизитов правоустанавливающих документов. Уточнение площадей осуществлялось на основе сопоставления данных об осушенных землях сельскохозяйственного назначения и данных об ареалах распространения органогенных почв из Единого государственного реестра почвенных ресурсов России (ЕГРПР).

Реализация подобных работ позволяет более точно оценить сельскохозяйственное воздействие на углеродный баланс, что имеет решающее значение для повышения точности оценки углеродного следа и формирования эффективных стратегий по снижению эмиссий.

Приведенные примеры определяют необходимость построения Кадастра выбросов с учетом следующих принципов геоинформационного обеспечения: «структурности» как описания системы через структуру видов хозяйственной деятельности, отдельных категорий земель и территориальных комплексов; «иерархичности», где каждый компонент системы является не только составной частью, но и отражает проблемы функционирования на уровне отдельных природно-социальных комплексов и территорий.

Работы по оценке объемов выбросов по отдельным категориям объектов Кадастра выбросов параллельно вскрывают ряд проблем, в том числе касающихся методического сопровождения формирования объективного и актуального Кадастра выбросов. Прежде всего это связано с проблемами учетных государственных систем, которые в совокупности зачастую содержат неverified данные о фактическом использовании земель (объектов учета). Так, компоненты антропогенных и природных систем, где накапливаются парниковые газы и прекурсоры парниковых газов, оцениваются в различных единицах измерений, имеют пространственные пересечения ареалов и зон. Более того, открыт вопрос тожде-

ственности ряда показателей таких кадастровых систем, отличающихся требованиями к принципам ведения, актуальности и системе пространственного описания [19].

Следует упомянуть, например, уровень загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта. Сведения Единого государственного реестра автомобильных дорог, включающие режим и скорости движения транспорта, интенсивность движения автомобилей, ширину и рельеф улицы, долю грузового транспорта и автобусов в общем потоке и другие факторы [20], оценки топливной экономичности типичных транспортных средств [21], всегда будут отличаться от навигационных планов и карт.

Существует и дублирование сведений Кадастра выбросов с иными государственными кадастрами. Так, согласно пп. «г» п. 15 Постановления Правительства РФ от 07.05.2022 № 830 «Об утверждении Правил создания и ведения государственного реестра объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду» в государственном реестре объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, дополнительно указываются сведения о размещении отходов производства и потребления; о выбросах парниковых газов, являющихся одновременно загрязняющими или озоноразрушающими веществами, содержащихся в реестре выбросов парниковых газов.

Такие особенности формирования Кадастра выбросов должны реализовываться с учетом принципов «целостности систем» и «множественности описания его компонентов», при которых совокупность итоговых сведений не является суммой отдельных расчетных моделей в силу принципиальной сложности системы, а каждая по отдельности модель описывает лишь определенный аспект системы.

Все вышеперечисленные факты формируют перечень разносторонних методических проблем учета в государственных кадастрах множества объектов с разными свойствами и показателями. Анализ данных, включаемых в национальный отчет, показал необходимость использования сведений следующих государственных кадастров, представленных на схеме рис. 2.

Пример работы Минсельхоза России, кратко изложенный в данной работе, отмечает необходимость применения дифференцированного подхода к использованию структуры территориального учета Кадастра

выбросов. В данном случае она отлична от структуры административной принадлежности, тождественной кадастровому делению Единого государственного реестра недвижимости (ЕГРН).

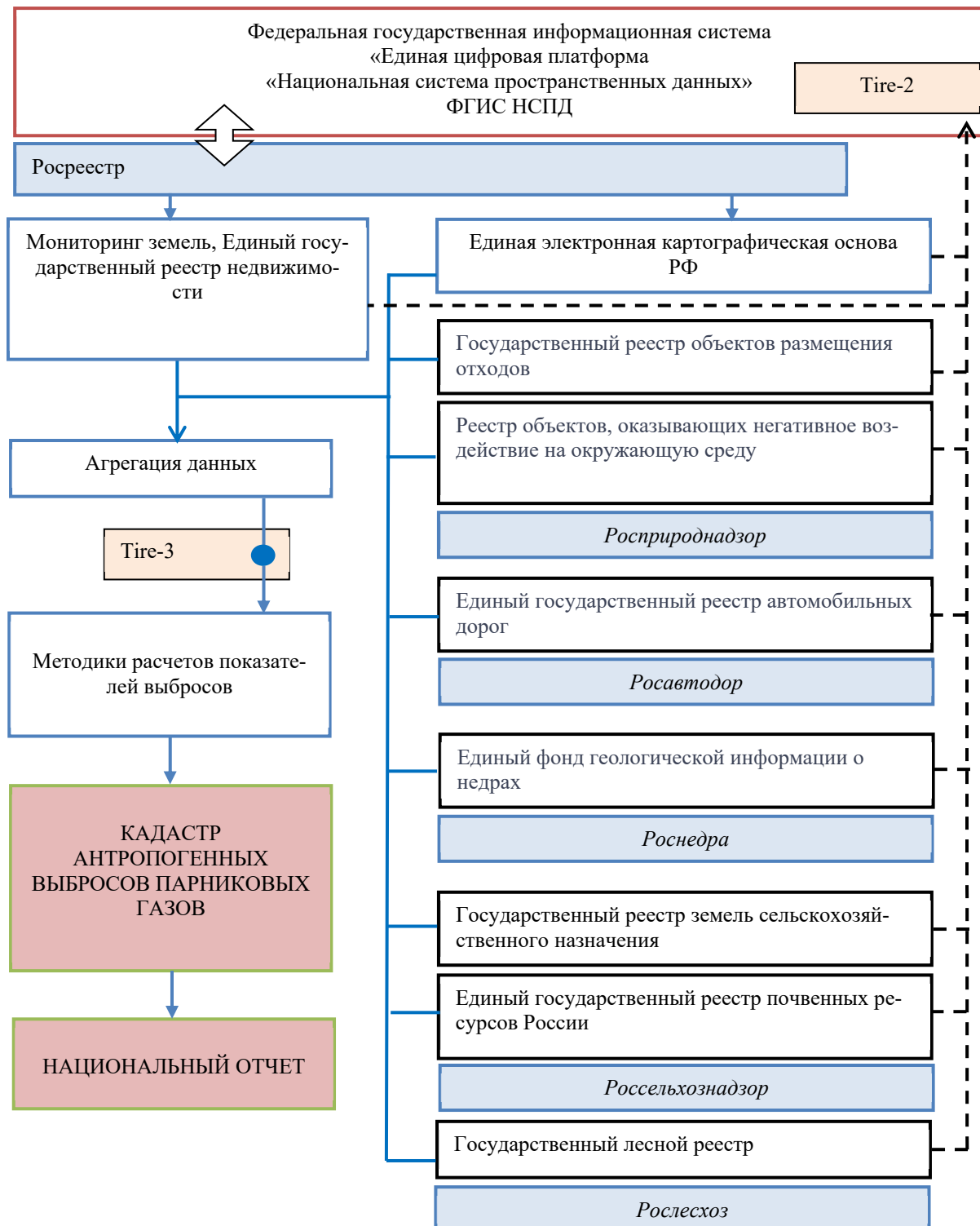


Рис. 2. Схема обеспечения геопространственными данными Кадастра выбросов

Некоторые из объектов учета Кадастра выбросов, например, кадастр почв, локализируются исключительно как природный комплекс и не связаны с административными границами. Этот факт говорит о значимости принципов координатного описания, при котором явно просматривается необходимость использования единого покрытия, обеспеченного реализацией пространственной системы криволинейных координат.

В целях методической реализации указанных в работе принципов геоинформационного обеспечения Кадастра выбросов предлагается использовать следующие данные, дифференцированные МГЭИК по уровням:

– Tier 1 – базовый уровень, использующий стандартные эмиссионные факторы и общие данные о деятельности, предоставляемые МГЭИК. Этот уровень считается наименее точным, так как используются усредненные данные, не учитывающие национальные особенности;

– Tier 2 – более точный уровень, использующий национальные данные для эмиссионных факторов и данных о деятельности. Страны, применяющие Tier 2, собирают собственные данные, отражающие их экономические и климатические условия;

– Tier 3 – самый детализированный уровень, использующий сложные модели или подробные измерения для оценки выбросов. Обеспечивает наивысшую точность при учете национальных особенностей и специфики процессов.

Первый уровень относится к глобальным сведениям планетарного характера, два последующих следует отнести к национальному уровню.

На схеме рис. 2 пунктирными линиями показаны информационные базисы для формирования национальных данных уровня Tier 2, используемые при формировании ФГИС НСПД как интегратора сведений государственных кадастров (Об утверждении требований к составу сведений единой электронной картографической основы и требований к периодичности их обновления : Приказ Росреестра от 05.04.2022 № П/0122. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный), включая:

– рельеф местности с точностью, соответствующей масштабу мельче 1 : 50 000;

– гидрографию и гидротехнические сооружения;

– населенные пункты;

– промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты;

– дорожную сеть и дорожные сооружения;

– растительный покров и грунты (древесная, кустарниковая, травянистая растительность, пашни, болота, прочие земли);

– границы между субъектами Российской Федерации.

Агрегация сведений государственных кадастров (см. рис. 2, сплошные линии) формирует более детальный уровень Tier 3, обладающий всей полнотой данных с реализованными механизмами их верификации и актуализации, обладающих наименьшей погрешностью геометрических характеристик объектов учета.

Результаты и обсуждение

Согласованность международных стандартов и требований нормативно-технических документов при формировании Кадастра выбросов на территории РФ в рамках национальной системы пространственных данных для расчетов выбросов парниковых газов обеспечивается руководящими принципами национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК. Эти принципы определяют уровни точности и детализации данных, используемых для оценки выбросов антропогенных парниковых газов.

Многие государства и отдельные города уже составили Кадастры выбросов парниковых газов и разработали планы по их сокращению [1]. Результаты этих исследований отражены в специальных докладах МГЭИК: «Землепользование, изменение в землепользовании и лесное хозяйство» и «Изменение климата и суша» [22].

Предложенная в статье схема геоинформационного обеспечения кадастра антропогенных выбросов парниковых газов (табл. 2) обладает рядом оригинальных черт, обусловленных спецификой российской системы управления пространственными данными и национальных информационных ресурсов.

1. Центральная роль ФГИС НСПД: ключевым элементом предложенной архитектуры

является Федеральная государственная информационная система «Единая цифровая платформа "Национальная система пространственных данных"» (ФГИС НСПД). Эта система, создаваемая в Российской Федерации, призвана стать единой точкой доступа и интеграции разнородных пространственных данных из множества федеральных и региональных источников [23].

2. Комплексная интеграция специфических российских национальных кадастров: схема уникальна тем, что она детально прорабатывает интеграцию широкого спектра именно российских государственных кадастров и информационных систем, таких как ЕГРН, ГЛР, ЕГРПР, ГРОРО, Реестр ОНВОС,

Единый государственный реестр автомобильных дорог и др.

3. Адаптация к российской специфике управления и учета: подход изначально ориентирован на решение проблем, связанных с особенностями российских государственных кадастров, таких как различия в системах координат, правилах картографической генерализации, форматах данных, периодичности обновления и уровне достоверности информации [16].

4. Уровневый подход МГЭИК в привязке к национальным источникам и ФГИС НСПД: статья четко связывает уровни детализации МГЭИК (Tier 2 и Tier 3) с конкретными российскими источниками данных и степенью их агрегации и интеграции через ФГИС НСПД.

Таблица 2

Сравнительный анализ предложенной схемы геоинформационного обеспечения кадастра выбросов с отдельными международными подходами

Критерий сравнения	Предложенная схема в РФ (на основе ФГИС НСПД)	Примеры международных подходов/систем
Основной интеграционный механизм/платформа	ФГИС НСПД	Различные платформы: системы на базе Copernicus в ЕС, данные EPA в США, инициативы типа Climate TRACE [24]
Уровень детализации интеграции национальных данных	Глубокая интеграция широкого спектра российских государственных кадастров	Зависит от страны/системы, часто фокусируется на определенных секторах или типах данных [25]
Степень адаптации к специфике национальных кадастров	Высокая, подход изначально ориентирован на решение проблем совместимости российских кадастров	Адаптация происходит, но архитектура интеграции определяется существующей в конкретной стране системой [26]
Основные принципы построения	Структурность, иерархичность, целостность систем, множественность описания компонентов	Могут варьироваться: принципы могут быть схожи, но реализация зависит от национальной инфраструктуры [27]

Конкретные примеры использования интегрированных данных.

1. Сектор «Отходы»: детализация расчета выбросов CH₄ с полигонов ТКО с использованием данных из Государственного реестра объектов размещения отходов (ГРОРО), Реестра ОНВОС, данных ЕГРН о земельных участках под полигонами и применение ГИС-моделей для оценки эмиссии с учетом пространственных характеристик полигонов (площадь, глубина,

состав отходов, климатические условия) (Об утверждении методических рекомендаций по заполнению формы отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля: приказ Минприроды России от 27.05.2022 № 371 (вступил в силу с 1 марта 2023 года). – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный).

2. Сектор «Землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство

(ЗИЗЛХ)»: интеграция данных ЕГРН (границы и категории сельхозземель), ЕГРПР (типы почв, содержание органического вещества), ГЛР (границы лесов, данные о лесоустройстве) и данных дистанционного зондирования Земли в среде ГИС позволяет оценивать потоки углерода (эмиссию и поглощение) от различных видов землепользования [28].

3. Сектор «Энергетика»: использование данных отраслевых реестров (например, данных о расположении и характеристиках электростанций, трубопроводов), данных Росстата о потреблении топлива, интегрированных с пространственной информацией в ГИС, для более точной локализации источников выбросов и оценки их вклада на региональном уровне [29].

Возможная апробация предлагаемой разработки.

Пилотные регионы: выбор нескольких регионов Российской Федерации с различной структурой экономики и типами землепользования для тестирования процедур интеграции данных из региональных и федеральных информационных систем в ФГИС НСПД и расчета кадастра выбросов.

Апробация по приоритетным секторам: детальная отработка методики на примере одного-двух приоритетных секторов (например, «Отходы» или ЗИЗЛХ) в масштабах всей страны или отдельных крупных субъектов.

Роль ФГИС НСПД в апробации: ФГИС НСПД должна стать основной платформой для проведения такой апробации, предоставляя необходимые инструменты для загрузки, интеграции, анализа данных и визуализации результатов.

Проблемы, которые могут возникнуть при разработке и внедрении:

1) технические: интероперабельность и совместимость данных; качество данных; разработка и валидация сложных ГИС-моделей; производительность системы [30];

2) организационные: межведомственное взаимодействие; нормативно-правовое обеспечение; кадровое обеспечение и обучение специалистов; финансирование [31];

3) методические: недостаток детализированных национальных коэффициентов выбросов/поглощений; оценка и снижение не-

определенностей; верификация и валидация результатов (Об утверждении методических рекомендаций по заполнению формы отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля: приказ Минприроды России от 27.05.2022 № 371 (вступил в силу с 1 марта 2023 года). – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный).

Заключение

В результате проведенного исследования сформулированы следующие основные выводы.

1. Сформулированы и обоснованы ключевые принципы геоинформационного обеспечения кадастра антропогенных выбросов парниковых газов в Российской Федерации: «структурность», «иерархичность», «целостность систем» и «множественность описания его компонентов». Показано, что реализация этих принципов является необходимой основой для создания экономически эффективной, актуальной и объективной системы национального кадастра выбросов.

2. Предложена и аргументирована схема интеграции геопространственных данных из различных российских национальных кадастров и информационных систем (см. рис. 2) на базе ФГИС НСПД. Эта схема представляет собой научно-методическую основу для практической реализации кадастра выбросов, обеспечивающую решение проблем несопоставимости, дублирования и неверифицированности данных.

3. Обосновано, что предложенный геоинформационный подход обеспечивает масштабируемость решений по уровням пространственной интерпретации (от локального до национального) и уровням детализации расчетов (в соответствии с Tier 1, Tier 2, Tier 3 МГЭИК). Это позволяет адаптировать международные требования и методики к национальным условиям Российской Федерации, используя специфические российские источники данных и разрабатывая на их основе более точные национальные модели.

4. Подчеркнуто, что геоинформационное обеспечение, основанное на ФГИС НСПД, яв-

ляется необходимым инструментом для уточнения методических решений и внедрения более прогрессивных аналитических методов расчета. Это, в свою очередь, позволит существенно сократить неопределенности в учете антропогенных выбросов и поглощений парниковых газов, повысить достоверность национальных докладов и эффективность мер по смягчению последствий изменения климата.

5. Сделан вывод о том, что разработанные принципы и предложенная схема геоинформационного обеспечения направлены на комплексное решение задач не только по инвентаризации выбросов, но и для более широкого круга приложений: комплексной диагностики состояния природно-хозяйственных и социально-экономических территориальных систем, а также научно-методологического и информационного обеспечения экологической, экономической и качественной оценки земельных и других природных ресурсов.

Рекомендации МГЭИК задают общую международно признанную методологическую рамку и базовые принципы отчетности (включая уровневый подход Tier 1, Tier 2, Tier 3). Следование этим рекомендациям обеспечивает сопоставимость национальных кадастров выбросов на международном уровне

и выполнение обязательств Российской Федерации в рамках климатических соглашений. В то же время для повышения точности оценок, снижения неопределенностей и перехода на более высокие уровни детализации (Tier 2 и особенно Tier 3) требуется не просто следование общим принципам, а использование более детализированных моделей. Эти национальные решения должны быть адаптированы к специфическим условиям Российской Федерации, учитывать особенности доступных источников данных, структуру национальных кадастров и характеристики технологических процессов в различных секторах экономики.

Таким образом, ориентация на руководящие принципы МГЭИК не противоречит потребности в разработке новых национальных методических решений, а определяет контекст и общие требования, в рамках которых эти новые решения должны создаваться и применяться. МГЭИК предоставляет своего рода стандарт качества и общие подходы, в то время как национальные разработки, включая предложенные методические решения, отвечают на вопрос о том, как достичь этих стандартов и требуемой точности в конкретных условиях страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. D'Avignon A. et al. Emission inventory: An urban public policy instrument and benchmark. *Energy Policy*. 2010. Т. 38. № 9. С. 4838–4847.
2. Shimada K. et al. Developing a long-term local society design methodology towards a low-carbon economy: An application to Shiga Prefecture in Japan. *Energy Policy*. 2007. Т. 35. № 9. С. 4688–4703.
3. Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. отв. ред. Д. Пенман, М. Гитарский, Т. Хиразиши и др. Программа М-ГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. Женева, 2003. 649 с.
4. Сорокина Д. Д., Птичников А. В., Романовская А. А. Сравнительный анализ и оценка методик расчета поглощения парниковых газов лесными экосистемами, применяемых в Российской Федерации. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2023. Т. 87, № 4, С. 497–511.
5. Отчет РКИК ООН по инвентаризации в РФ за 2023 год. UNFCCC, 2023 [Электронный ресурс]. URL: chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://unfccc.int/sites/default/files/resource/1BTR_RUS_rev.pdf.
6. EcoStandard.journal. Отчетность по парниковым газам: новое в 2023 году [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://journal.ecostandard.ru/eco/praktikum/otchetnost-po-parnikovym-gazam-novoe-v-2023-godu/>.
7. Detailed Description of Best Practices - Russian Federation No. 1. Ministry of the Environment of Japan [Electronic resource]. 2000. URL: https://www.env.go.jp/earth/g8_2000/forum/g8bp/detail/russia/russia01.html.

8. Федоров Ю. А., Сухоруков В. В., Трубник Р. Г. Аналитический обзор: эмиссия и поглощение парниковых газов почвами. Экологические проблемы. Антропогенная трансформация природной среды. 2021. № 1. С. 6–34.
9. Ольчев А. В. Потоки CO₂ и H₂O в лесных экосистемах в условиях изменяющегося климата (оценка с применением математических моделей). М. : Генезис, 2015. С. 51.
10. IPCC First Assessment Report [Electronic resource]. 1990. URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ipcc_90_92_assessments_far_full_report.pdf.
11. Сысоева В. А. Анализ специфики белорусских городов в сравнении с пространственной моделью «зеленый город». Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Прикладные науки. Строительство. Архитектура. 2022. № 8. С. 48–53.
12. Ткаченко Л. Я., Ивашкина И. В., Кочуров Б. И. Экологизация территориального планирования урбанизированных регионов Европы: лучшие зарубежные практики. Экология урбанизированных территорий. 2023. № 4. С. 99–109.
13. Wang Y. et al. Spatial structure and carbon emission of urban agglomerations: Spatiotemporal characteristics and driving forces. Sustainable Cities and Society. 2022. Т. 78. С. 103600.
14. Seto K. C. et al. Human settlements, infrastructure, and spatial planning. [Electronic resource]. 2014. URL: <https://pure.iiasa.ac.at/11114>.
15. Романовская А. А. [и др.]. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2017 гг. М. : ИГКЭ, 2022. 486 с.
16. Портнов А. М. Унифицированный подход к пространственному описанию объектов местности ведомственных реестров/кадастров как перспективная основа государственной системы картографирования территорий. Геодезия и картография. 2018. Т. 79. № 12. С. 41–49.
17. Алайская О. В. [и др.]. Предпроектные исследования геомоделирования контролируемых показателей и составления кадастровой карты государственного реестра объектов негативного воздействия на окружающую среду. Естественные и технические науки. 2020. № 6. С. 110–120.
18. Оводков М., Давлекаев Н., Азаров В. Актуальные проблемы моделирования выбросов парниковых газов от полигонов твердых коммунальных отходов (обзор). Социология города. 2024. № 2. С. 94–107.
19. Гарькуша Д. Н., Федоров Ю. А. Глобальная эмиссия метана геологическими источниками. Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 3 (81). С. 37–51.
20. Бондаренко Е. В. и др. Системная оценка воздействия улично-дорожной сети на атмосферу урбанизированной территории. Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2022. Т. 19. № 2 (84). С. 184–197.
21. Kennedy C. et al. Methodology for inventorying greenhouse gas emissions from global cities. Energy policy. 2010. Т. 38. № 9. С. 4828–4837.
22. IPCC Special Reports on Land Use, Land-Use Change and Forestry (2000) and Climate Change and Land (2019) [Electronic resource]. URL: <https://www.ipcc.ch/srccl/>.
23. Официальный сайт ФГИС НСПД. URL: <https://nspd.ru>
24. Climate TRACE Case Studies [Electronic resource]. 2023. URL: <https://climate-trace.org/case-studies>.
25. National Strategy to Advance an Integrated U.S. Greenhouse Gas Measurement, Monitoring, and Information System. [Electronic resource]. 2023. URL: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://bidenwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2023/11/NationalGHGMMISStrategy-2023.pdf>.
26. Best Practices on national GHG inventory management system. Teri [Electronic resource]. 2020. URL: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.teriin.org/sites/default/files/2020-06/Best%20Practices%20on%20National%20Inventory.pdf>.

27. Improving Greenhouse Gas Emissions Data. NGFS [Electronic resource]. 2021. URL: <https://www.ngfs.net/en/publications-and-statistics/publications/improving-greenhouse-gas-emissions-data-ngfs-information-note>.
28. Красноярова Б. А. [и др.]. Особенности оценки углеродного следа в сельском хозяйстве: сравнительный анализ методических подходов. Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Сер. Естественные науки. 2024. № 1 (221). С. 76–88.
29. Отчет о ходе реализации государственной программы «Развитие энергетики». Минэнерго России [Электронный ресурс]. 2021. URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://minenergo.gov.ru/upload/iblock/a5a/w2118nhrblj36ppj7yrvux4vu23ta-sou/Utochnennyi_GO_za_2021_god.pdf.
30. Challenges of Geospatial Data Integrations. SafeGraph [Electronic resource]. 2023. URL: <https://www.safegraph.com/guides/geospatial-data-integration-challenges>.
31. USGS OFR 02-370: Overcoming Institutional Barriers to GIS Coordination [Electronic resource]. 2002. URL: <https://pubs.usgs.gov/of/2002/of02-370/>.

REFERENCES

1. D'Avignon A. et al. (2010). Emission inventory: An urban public policy instrument and benchmark. *Energy Policy*. 2010. Vol. 38. No. 9. P. 4838-4847.
2. Shimada K. et al. (2007). Developing a long-term local society design methodology towards a low-carbon economy: An application to Shiga Prefecture in Japan. *Energy Policy*. Vol. 35. No. 9. P. 4688–4703.
3. *Rukovodyashchiye ukazaniya po effektivnoy praktike dlya zemlepol'zovaniya, izmeneniy v zemlepol'zovanii i lesnogo khozyaystva [Good practice guidance for land use, land-use change, and forestry]* (2003). / eds. D. Penman, M. Gitarsky, T. Hiraishi, et al. I-GECC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Geneva, 649 p.
4. Sorokina D. D., Ptichnikov A. V., Romanovskaya A. A. (2023). Comparative analysis and assessment of methodologies for calculating greenhouse gas absorption by forest ecosystems used in the Russian Federation. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya. [Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series]*. Vol. 87, No. 4, pp. 497–511 [in Russian].
5. UNFCCC Inventory Report for the Russian Federation for 2023. UNFCCC, 2023. Retrieved from chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://unfccc.int/sites/default/files/resource/1BTR_RUS_rev.pdf.
6. EcoStandard.journal. Greenhouse Gas Reporting: What's New in 2023. 2023. Retrieved from <https://journal.ecostandard.ru/eco/praktikum/otchetnost-po-parnikovym-gazam-novoe-v-2023-godu/>.
7. Detailed Description of Best Practices - Russian Federation No. 1. Ministry of the Environment of Japan. 2000. Retrieved from https://www.env.go.jp/earth/g8_2000/forum/g8bp/detail/russia/russia01.html.
8. Fedorov Yu. A., Sukhorukov V. V., Trubnik R. G. (2021). Analytical review: emission and absorption of greenhouse gases by soils. *Ekologicheskiye problemy. Antropogennaya transformatsiya prirodnoy sredy. [Environmental Problems. Anthropogenic transformation of the natural environment]*. No. 1. Pp. 6–34 [in Russian].
9. Olchev A. V. (2015). *Potoki SO2 i N2O v lesnykh ekosistemakh v usloviyakh izmenyayushchegosya klimata (otsenka s primeneniyem matematicheskikh modeley). [CO2 and H2O Fluxes in Forest Ecosystems under Changing Climate Conditions (Assessment Using Mathematical Models)]*. M. : Genesis. P. 51 [in Russian].
10. IPCC First Assessment Report. 1990. Retrieved from chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ipcc_90_92_assessments_far_full_report.pdf.
11. Sysoeva V. A. (2022). Analysis of the Specifics of Belarusian Cities in Comparison with the "Green City" Spatial Model. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Priklad-*

nyye nauki. Stroitel'stvo. Arkhitektura. [Bulletin of Polotsk State University. Series F. Applied Sciences. Construction. Architecture]. No. 8, pp. 48–53 [in Russian].

12. Tkachenko L. Ya., Ivashkina I. V., Kochurov B. I. (2023). Greening Spatial Planning in European Urbanized Regions: Best Foreign Practices. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy. [Ecology of Urbanized Territories].* No. 4. pp. 99–109 [in Russian].

13. Wang Y. et al. (2022). Spatial Structure and Carbon Emission of Urban Agglomerations: Spatiotemporal Characteristics and Driving Forces. *Sustainable Cities and Society.* Vol. 78. pp. 103-600.

14. Seto K. C. et al. (2014). Human Settlements, Infrastructure, and Spatial Planning. Retrieved from <https://pure.iiasa.ac.at/11114>.

15. Romanovskaya A. A. et al. (2022). *Natsional'nyy doklad o kadastre antropogennykh vybrosov iz istochnikov i absorbtzii poglotitelyami parnikovyykh gazov, ne reguliruyemykh Monreal'skim protokolom za 1990-2017 gg [National Report on the Cadastre of Anthropogenic Emissions by Sources and Removals by Sinks of Greenhouse Gases Not Controlled by the Montreal Protocol for 1990-2017].* Moscow: FGBU "IGKE". 486 p. [in Russian].

16. Portnov A. M. (2018). Unified Approach to the Spatial Description of Objects of Departmental Registers/Cadastrals as a Promising Basis for the State System of Territorial Mapping. *Geodeziya i kartografiya. [Geodesy and Cartography].* Vol. 79. No. 12. Pp. 41–49 [in Russian].

17. Alaiskaya O. V. et al. (2020). Pre-project Studies of Geomodeling of Monitored Indicators and Compilation of a Cadastral Map of the State Register of Objects with Negative Environmental Impacts. *Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki. [Natural and Technical Sciences].* No. 6. Pp. 110–120 [in Russian].

18. Ovodkov M., Davlekaev N., Azarov V. (2024). Actual problems of modeling greenhouse gas emissions from municipal solid waste landfills (review). *Sotsiologiya goroda [Sociology of the city].* No. 2. Pp. 94–107 [in Russian].

19. Garkusha D. N., Fedorov Yu. A. (2019). Global methane emission from geological sources. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Research Journal].* No. 3 (81). Pp. 37–51 [in Russian].

20. Bondarenko E. V. et al. (2022). Systematic assessment of the impact of the street and road network on the atmosphere of an urbanized area. *Vestnik Sibirskoy gosudarstvennoy avtomobil'no-dorozhnoy akademii. [Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway Academy].* Vol. 19. No. 2 (84). pp. 184-197 [in Russian].

21. Kennedy C. et al. (2010). Methodology for inventorying greenhouse gas emissions from global cities. *Energy policy.* T. 38. No. 9. P. 4828–4837.

22. IPCC Special Reports on Land Use, Land-Use Change and Forestry (2000) and Climate Change and Land (2019). Retrieved from <https://www.ipcc.ch/srccl/>.

23. Official website of the FSIS NSPD. Retrieved from <https://nspd.ru>

24. Climate TRACE Case Studies. (2023). Retrieved from <https://climatrace.org/case-studies>.

25. National Strategy to Advance an Integrated U. S. Greenhouse Gas Measurement, Monitoring, and Information System. (2023). Retrieved from <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bidenwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2023/11/NationalGHGMMISStrategy-2023.pdf>.

26. Best Practices on national GHG inventory management system. Teri. (2020). Retrieved from <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.teriin.org/sites/default/files/2020-06/Best%20Practices%20on%20National%20Inventory.pdf>. National Strategy to Advance an Integrated U.S. Greenhouse Gas Measurement, Monitoring, and Information System. 2023.

27. Improving Greenhouse Gas Emissions Data. NGFS. (2021). Retrieved from <https://www.ngfs.net/en/publications-and-statistics/publications/improving-greenhouse-gas-emissions-data-ngfs-information-note>.

28. Krasnoyarova B. A. et al. (2024). Features of Carbon Footprint Assessment in Agriculture: A Comparative Analysis of Methodological Approaches. *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskiy region.*

Seriya: Yestestvennyye nauki. [News of Universities. North Caucasus Region. Series: Natural Sciences]. No. 1(221). P. 76–88 [in Russian].

29. Report on the progress of the state program "Energy Development". Ministry of Energy of Russia. (2021). Retrieved from chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://minenergo.gov.ru/upload/iblock/a5a/w2118nhrblj36ppj7yrvux4vu23tasou/Utochnennyi_GO_za_2021_god.pdf.

30. Challenges of Geospatial Data Integrations. SafeGraph. (2023). Retrieved from <https://www.safegraph.com/guides/geospatial-data-integration-challenges>.

31. USGS OFR 02-370: Overcoming Institutional Barriers to GIS Coordination. (2002). Retrieved from <https://pubs.usgs.gov/of/2002/of02-370/>.

Об авторах

Андрей Викторович Разин – заместитель министра сельского хозяйства Российской Федерации.

Author details

Andrey V. Razin – Deputy Minister of Agriculture of the Russian Federation.

Получено / Received 27.02.2025

Поступила после рецензирования / Revised 28.09.2025

Принята к публикации / Accepted 14.10.2025