



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ПНСТ
979—
2024

Система стандартов реализации
климатических проектов

**МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ
КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ
ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ УПРАВЛЕНИЯ
ЗЕМЛЯМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

Основные положения

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным автономным учреждением «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики» (ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 020 «Экологический менеджмент и экономика»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2024 г. № 98-пнст

Правила применения настоящего стандарта и проведения его мониторинга установлены в ГОСТ Р 1.16—2011 (разделы 5 и 6).

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии собирает сведения о практическом применении настоящего стандарта. Данные сведения, а также замечания и предложения по содержанию стандарта можно направить не позднее чем за 4 мес до истечения срока его действия разработчику настоящего стандарта по адресу: info@intercoms.ru и/или в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии по адресу: 123112 Москва, Пресненская набережная, д. 10, стр. 2.

В случае отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты» и также будет размещена на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru)

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

II

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения.	2
4 Критерии отнесения к климатическим проектам в области совершенствования управления землями сельскохозяйственного назначения.	3
5 Описание климатических проектов.	4
5.1 Область применения и границы проекта.	4
5.2 Цели и планируемые результаты	4
5.3 Подходы к выбору методов и моделей расчетов потоков парниковых газов	5
5.4 Оценка базовой линии	5
5.5 Описание технологических методов проекта	12
5.6 Обоснование дополнительности проекта	15
5.7 Количественная оценка выбросов и поглощений парниковых газов в рамках проекта	15
5.8 Оценка неопределенности	16
5.9 Утечки в рамках проекта	17
5.10 Расчет углеродных единиц и периода зачета	17
5.11 Мониторинг результативности и отчетность	17
5.12 Сопутствующие эффекты климатических проектов	18
5.13 Проектные риски	19
Приложение А (справочное) Модель предметной области стандарта	20
Приложение Б (справочное) Международные агроэкосистемные модели.	21
Приложение В (справочное) Основные методы прямых измерений выбросов парниковых газов.	27
Приложение Г (справочное) Ежегодный потенциал предотвращения изменения климата в различных климатических зонах для вариантов смягчения воздействия, не связанных с животноводством	28
Библиография	33

Введение

Методы хозяйствования, направленные на совершенствование управления землями сельскохозяйственного назначения, имеют одной из главных целей улавливание углерода из атмосферы и известны также как карбоновое (или углеродное) земледелие и почвозащитное и ресурсосберегающее земледелие. Его суть заключается в увеличении содержания почвенного углерода за счет повышения количества углерода, вносимого в почву, и снижения темпов его потерь в результате дыхания и эрозии почвы. Снижение выбросов парниковых газов (ПГ) в сельском хозяйстве достигается также за счет повышения эффективности использования агрохимикатов (удобрений, пестицидов).

По мнению авторов доклада [1], для реализации имеющегося потенциала России по снижению углеродного следа продукции в сельском хозяйстве необходимо в первую очередь обеспечить прозрачность регуляторно-правовой базы стандартов измерения и отчетности по выбросам ПГ, в том числе в рамках климатических проектов. Также отмечается необходимость выведения новых сортов культур для целей карбонового земледелия и лесных проектов, наращивания экспорта новых продуктов такого земледелия, мер поддержки и финансирования карбонового земледелия.

Президент Российской Федерации В.В. Путин на пленарном заседании Петербургского международного экономического форума (ПМЭФ-2021) отметил: *«Также нужно создать прозрачную, объективную систему оценки результатов климатических проектов — это очень важная часть того, что я сейчас говорю, — то есть зафиксировать текущую поглотительную способность участков и ту, которая получится после реализации проекта. Собственно, рассчитать «дельту» в виде так называемых углеродных единиц, о которых я только что говорил. При этом главное — наладить мониторинг эмиссии и поглощения парниковых газов, основанный в том числе на наблюдениях из космоса, цифровых технологиях и методиках искусственного интеллекта».*

С 2021 г. Минобрнауки России реализует проект по созданию карбоновых полигонов, которые позволят получить данные инструментальных исследований для определения национальных коэффициентов выбросов уровня точности 2, необходимых для более точного количественного определения выбросов ПГ, а также оценки эффектов от климатических проектов в сельском хозяйстве. Вместе с тем на сегодняшний день в Российской Федерации уже принят ряд нормативных правовых актов, позволяющих оценивать выбросы ПГ от сельскохозяйственных земель. Настоящий стандарт предоставляет возможности применения коэффициентов выбросов «по умолчанию» уровня точности 1 для этапа планирования и валидации проекта и коэффициентов выбросов уровней точности 2 и 3 по мере их появления и доступности исполнителям и разработчикам климатических проектов для этапа реализации и верификации проектов. По мере развития проекта «Единая система мониторинга климатически активных газов» в России появятся уточненные национальные коэффициенты выбросов, учитывающие локальные природно-климатические особенности и специфику.

В национальном кадастре до настоящего времени учет выбросов ведется по уровню точности 1, и, таким образом, не учитываются направленные воздействия для снижения выбросов или увеличения поглощения углерода. Настоящий стандарт позволяет перейти к учету эффектов от климатических проектов.

Ввиду наличия рисков побочных эффектов от применения ряда технологий карбонового земледелия неотъемлемой частью таких климатических проектов должны стать оценка воздействия на окружающую среду и в случаях, установленных законодательством Российской Федерации, прохождение государственной экологической экспертизы.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Система стандартов реализации климатических проектов

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ
ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЛЯМИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Основные положения

Framework of standards for climate actions implementation.
Methodology for evaluating climate projects to improve agricultural land management. Main principles

Дата введения — с 2025—01—01
до 2027—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает основные положения методологии реализации климатических проектов в области совершенствования управления землями сельскохозяйственного назначения, терминологию, а также критерии отнесения к климатическим проектам. Настоящий стандарт предназначен для использования организациями различных научных сфер деятельности в целях проведения исследований, направленных на апробацию предложенного подхода.

Настоящий стандарт распространяется на все виды климатических проектов по совершенствованию управления возделываемыми землями сельскохозяйственного назначения, в первую очередь по внедрению почвозащитных и ресурсосберегающих технологий. Типология проектов в этой области, признаваемых климатическими, приведена в 4.2 настоящего стандарта.

2 Нормативные ссылки

ГОСТ 23740 Грунты. Методы определения содержания органических веществ

ГОСТ 26213 Почвы. Методы определения органического вещества

ГОСТ ISO 11464 Качество почвы. Предварительная подготовка проб для физико-химического анализа

ГОСТ Р 58595 Почвы. Отбор проб

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 Общие термины и определения

3.1.1

климатический проект: Комплекс мероприятий, обеспечивающих сокращение (предотвращение) выбросов парниковых газов или увеличение поглощения парниковых газов.
[[2], статья 2]

3.1.2

утечка; углеродная утечка: Явление увеличения выбросов парниковых газов в странах с менее строгими требованиями к ограничению таких выбросов при переносе производства с целью оптимизации затрат из стран с более высокими требованиями политики в области климата.

Примечание 1 — Утечка также может возникать за границами реализации климатического проекта.

Примечание 2 — Явление может приводить к увеличению общих выбросов.

[Адаптировано из ГОСТ Р ИСО 14080—2021, приложение Д, пункт ДА.4]

3.1.3 карбоновое земледелие: Способ ведения агробизнеса, в ходе которого происходит улавливание и захват органического углерода из атмосферы растениями с последующим удержанием его в земле.

Примечание — Суть карбонового земледелия состоит в увеличении почвенного углерода за счет повышения количества углерода, вносимого в почву, и снижения темпов потерь углерода в результате дыхания и эрозии почвы.

3.1.4 карбоновые полигоны: Территории с уникальной экосистемой, созданные для реализации мер контроля климатических активных газов с участием университетов и научных организаций.

Примечание — Карбоновые полигоны позволяют проводить ряд важнейших исследований в сфере экологии. Например:

- разработку и адаптацию наземных технологий полевого и лесного агрохимического контроля почв и респирации парниковых газов;
- разработку и адаптацию технологий дистанционного учета надземной и подземной фитомассы, ризосферы, агрохимического контроля почв и респирации парниковых газов;
- разработку и адаптацию математических моделей по первичной валовой продуктивности, первичной нетто-продуктивности, нетто-обмену CO₂ между экосистемой и атмосферой, респирации и другим параметрам углеродного баланса экосистем на эталонных участках.

3.1.5 карбоновые фермы: Различные сельскохозяйственные методы, направленные на поглощение углекислого газа из атмосферы и его дальнейшую фиксацию на длительные периоды времени.

3.1.6

система земледелия: Комплекс взаимосвязанных организационно-экономических, агротехнических, мелиоративных, почвозащитных мероприятий, направленных на эффективное использование земли, агроклиматических ресурсов, биологического потенциала растения, на повышение плодородия почвы с целью получения высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

[ГОСТ 16265—89, пункт 17]

3.1.7 агроэкосистемная модель: Программно-реализованная совокупность алгоритмов, описывающих комплекс процессов, протекающих в системе «почва — растительный покров — атмосфера», предназначенная для описания и анализа процессов, происходящих в агроэкосистемах.

Примечание — Эти модели интегрируют данные о почве, растительности, климате и управлении землей для прогнозирования динамики биогеохимических циклов, урожайности, состояния почв и выбросов парниковых газов. Они используются для оценки последствий различных агротехнических практик и климатических изменений на экосистемные функции и продуктивность сельскохозяйственных систем.

3.1.8 параметризация модели: Процесс настройки модели с использованием специфических данных и параметров для обеспечения точности и надежности прогнозов.

3.1.9 секвестрация [депонирование] углерода: Процесс захвата и долгосрочного хранения углекислого газа CO₂ в природных пулах.

Примечание — Секвестрация углерода в сельском хозяйстве предполагает связывание атмосферного углекислого газа в виде почвенного органического углерода (ПОУ), так как связывание CO₂ в почве представляется эффективным способом снижения концентрации парниковых газов.

3.1.10 почвозащитное и ресурсосберегающее земледелие; ПРЗ: Система ведения сельского хозяйства, которая может предотвратить потерю пахотных и способствует восстановлению деградированных земель.

Примечание — Оно способствует поддержанию постоянного почвенного покрова, минимальному нарушению почвы и диверсификации видов растений на полях. Также повышает биоразнообразие и естественные биологические процессы над и под почвой, что способствует повышению эффективности использования воды и питательных веществ, а также улучшению и устойчивому производству продукции растениеводства.

3.2 Снижение рисков изменения климата

3.2.1

предотвращение изменения климата: Вмешательство человека, предпринимаемое с целью сокращения источников выбросов парниковых газов или увеличения их поглощения.
[[3]]

3.2.2

базовая линия по парниковым газам; базовая линия по ПГ (greenhouse gas baseline; GHG baseline): Количественно определенная точка (точки) отсчета выбросов ПГ и/или поглощения ПГ, которая наступила бы в отсутствие проекта по ПГ, выражающая базовый сценарий, относительно которого проводятся сравнения проектных выбросов и поглощений ПГ.
[ГОСТ Р ИСО 14064-2—2021, статья 3.2.5]

3.2.3

базовый сценарий (baseline scenario): Гипотетический опорный вариант развития, наилучшим образом представляющий условия, которые с наибольшей вероятностью могут возникнуть в отсутствие проекта по ПГ.
[ГОСТ Р ИСО 14064-2—2021, статья 3.2.6]

4 Критерии отнесения к климатическим проектам в области совершенствования управления землями сельскохозяйственного назначения

4.1 Соответствие обязательным требованиям законодательства

При реализации климатических проектов в области совершенствования управления землями сельскохозяйственного назначения должны соблюдаться требования законодательства в области охраны окружающей среды, в частности, охраны земель, а также санитарного законодательства, включая, но не ограничиваясь [4] — [8].

Новые вещества и технологии должны внедряться только при условии наличия положительного заключения государственной экологической экспертизы.

4.2 Типология климатических проектов по совершенствованию управления землями сельскохозяйственного назначения

В таблице 1 приведена классификация мероприятий по совершенствованию управления землями сельхозназначения (включая карбоновое земледелие), их возможные климатические эффекты и влияние на соответствующие ПГ.

Т а б л и ц а 1 — Группы мероприятий, относящихся к климатическим проектам по совершенствованию управления возделываемыми землями сельскохозяйственного назначения

Наименование групп мероприятий	Климатический эффект	Учитываемые ПГ		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Агрономические мероприятия	Повышение запасов углерода в почве за счет увеличения биомассы растений. Снижение выбросов ПГ за счет использования культур, требующих меньших объемов удобрений и агрохимикатов	+	+	+
Повышение эффективности использования удобрений	Снижение выбросов N ₂ O за счет уменьшения доли не использованного растениями азота из удобрений в результате увеличения доли применения удобрений с повышенной эффективностью (с замедленным высвобождением питательных веществ)	—	—	+
Оптимизация механической обработки почвы (в том числе технологии No-Till), сохранение пожнивных остатков	Повышение запасов углерода в почве за счет предотвращения его окисления и высвобождения при вспашке	+	—	—
Оптимизация режимов орошения и осушения	Повышение запасов углерода в почве при эффективном орошении земель. Снижение выбросов N ₂ O при осушении переувлажненных земель	+	—	+
Оптимизация методов выращивания риса	Снижение выбросов метана за счет применения сортов с низким уровнем корневых выделений низкомолекулярных веществ и др. агротехнических мероприятий, а также сортов риса, не требующих заливного земледелия	—	+	—
Создание агролесных систем	Повышение запасов органического углерода в почве. Поглощение углерода древесной растительностью	+	—	—
Применение покровных культур	Повышение запасов органического углерода в почве. Снижение выбросов N ₂ O	+	—	+
Применение органических удобрений и/или побочных продуктов животноводства	Повышение запасов органического углерода в почве	+	—	—

5 Описание климатических проектов

5.1 Область применения и границы проекта

Описание границ проекта включает в себя следующее:

- 1) краткое описание видов применяемых технологий, сведения об их соответствии законодательству Российской Федерации;
- 2) географические границы;
- 3) влияние на парниковые газы: виды ПГ и обоснование механизма снижения их выбросов или увеличения поглощения.

Возможные группы мероприятий приведены в таблице 1 настоящего стандарта. В подразделе 5.5 настоящего стандарта приведена детализация возможных мероприятий, включаемых в проект.

5.2 Цели и планируемые результаты

Целями климатических проектов в области совершенствования управления землями сельскохозяйственного назначения является увеличение поглощения и долгосрочного депонирования углекислого газа из атмосферы путем связывания органического углерода в почве и/или сокращение прямых и

косвенных выбросов ПГ (CO_2 , CH_4 , N_2O) как от непосредственно сельскохозяйственной деятельности, так и от обеспечивающих смежных видов деятельности (энергетика, транспорт, коммунальное хозяйство, агрохимия). Установление факторов изменения выбросов производится согласно модели предметной области стандарта (см. приложение А).

5.3 Подходы к выбору методов и моделей расчетов потоков парниковых газов

Как отмечено в [9], наиболее распространенным в настоящее время способом оценки и мониторинга баланса углерода и парниковых газов на национальном уровне является эмпирическое моделирование для прогноза изменений запасов органического вещества почвы.

Для целей разработки и валидации климатических проектов допускается использовать методы любого уровня точности 1, 2 или 3, а на этапе мониторинга результатов проектов и их верификации допускается использовать только методы уровней точности 2 и 3.

Применение уровня точности 1 предполагает использование коэффициентов по умолчанию из руководства Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) или оценочных докладов МГЭИК.

Применение уровня точности 2 на основе формул и коэффициентов, принятых на национальном уровне, возможно с использованием [10].

Для инвентаризации ПГ все чаще применяются динамические углеродные модели (агроэкосистемные модели).

Достаточно полный перечень применяемых в мире агроэкосистемных моделей приведен в приложении Б. Наиболее широкую практику применения в Российской Федерации имеют модели RothC и DNDC. В ряде работ, например, в [9], [11], [12], приводятся руководства и примеры по их параметризации для целей применения на территории Российской Федерации.

В настоящее время на карбоновых полигонах Российской Федерации реализуется проект «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ». При разработке проектной документации на климатический проект следует руководствоваться актуальными результатами реализации указанной национальной системы мониторинга, приведенными на сайтах оператора системы¹⁾ и Почвенного института имени В.В. Докучаева²⁾.

Уровень точности 3 достигается за счет прямых измерений потоков ПГ или динамики содержания углерода почвы. В этом случае применяются актуальные методики измерений и отбора проб по ГОСТ 26213, ГОСТ ISO 11464, ГОСТ Р 58595, камерные методы, описанные в материалах Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО)³⁾, в работах Почвенного института имени В.В. Докучаева и консорциума «РИТМ углерода»⁴⁾. Классификация и описание основных методов прямых измерений выбросов ПГ приведена в приложении В.

5.4 Оценка базовой линии

5.4.1 Базовая линия по выбросам CO_2

Для проектов, предусматривающих реализацию технологий, приводящих к изменению содержания в почве почвенного органического углерода (ПОУ), используется формула 1 для определения базовой линии.

Для каждого участка определяется содержание углерода в почве без реализации проекта во все годы реализации проекта.

$$\text{ПОУ}_{\text{баз}} = \sum_i \text{ПОУ}_{\text{баз},i} \cdot A_i, \quad (1)$$

где $\text{ПОУ}_{\text{баз},i}$ — содержание углерода в почве без реализации проекта, тС/га;

A_i — площадь i -го участка в рамках проекта, га.

¹⁾ <https://ritm-c.ru/results/monitoring-network/>. Дата обращения: 31.08.2024 г.

²⁾ <https://esoil.ru/>. Дата обращения: 31.08.2024 г.

³⁾ <https://www.fao.org/4/Y2780E/y2780e04.htm#fig2>. Дата обращения: 31.08.2024 г.

⁴⁾ <https://ritm-c.ru/events/conferences/>. Дата обращения: 31.08.2024 г.

В момент до реализации проекта данное значение должно быть получено прямыми измерениями в соответствии с ГОСТ 23740 либо ГОСТ 26213. На период действия проекта допускается аппроксимация изменений ПОУ по статистическим данным за прошлые периоды наблюдений, либо по данным моделей, в том числе разработанным в рамках исследований на карбоновых полигонах по аналогичным типам почв и климатическим зонам и опубликованным в рецензируемых научных изданиях. При отсутствии таких данных для оценки изменения ПОУ в рамках базового сценария необходимо использовать формулы и коэффициенты, приведенные в [10] (приложение «Методы расчета количественного определения объема поглощений парниковых газов», подраздел 10.1).

Общая схема выбора подхода (уровня точности) для определения ПОУ показана на рисунке 1.

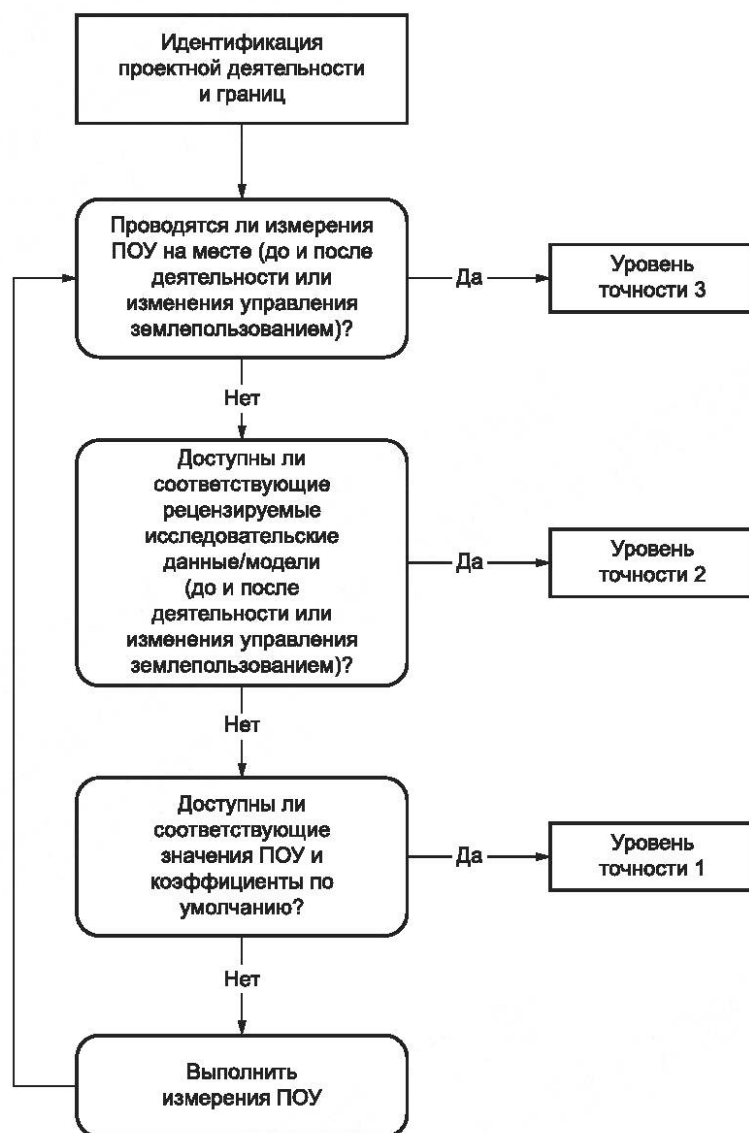


Рисунок 1 — Алгоритм выбора соответствующего уровня точности для определения почвенного органического углерода

Уровень точности 3: требуются проведения измерений на месте для прямой фиксации базовых и проектных показателей ПОУ. Методы прямых измерений приведены в приложении В к настоящему стандарту. Проблематика оценки изменения содержания поверхностного органического вещества состоит в том, что его величина меньше или сопоставима с величинами естественной пространственно-временной изменчивости как по регионам и типам почв, так и по глубине слоя почвы, а также с чувствительностью и неопределенностью аналитических методов измерений содержания ПОУ. Таким образом,

особую сложность представляет задача измерения и верификации накопления углерода в почве или его минерализации (превращения в CO_2). Данные изменения представляют собой предельно малые величины, достоверность оценки которых предъявляет высокие требования к методике проведения почвенного опробования, пробоподготовки и аналитических работ на фоне пространственной и сезонной изменчивости почвенных запасов углерода [13].

Уровень точности 2: используются расчетные подходы, наборы данных, параметры и/или модели из рецензируемых публикаций для оценки базовых и проектных запасов ПОУ, например [14]. Разработчики проектов должны обосновать, что результаты исследований являются консервативными и применимыми к условиям реализации проекта.

Уровень точности 1: применяются стандартные факторы для оценки изменений ПОУ, относящихся к общей модели уровней точности 1, описанной в Руководствах МГЭИК для национальных инвентаризаций ПГ. Если возможно, следует применять подход уровня точности 2, как указано в Руководствах МГЭИК. Должна быть доказана применимость справочных значений ПОУ, используемых в сочетании с коэффициентами воздействия МГЭИК, для проектной области.

Релевантный базовый сценарий представляет собой продолжение исторических практик управления землей, которые применялись в последние пять лет до начала проекта (обычная практика).

До реализации проекта на соответствующей проектной территории земля должна быть разделена на участки моделирования в зависимости:

- от типа почвы;
- климатической зоны;
- системы управления земельными ресурсами / системы выращивания культур;
- уровней ввода (например, удобрения).

По мере необходимости:

- практики обработки почвы;
- свойства почвы (например, статус питательных веществ или здоровье почвы);
- гидрология;
- риск потери углерода (например, риск пожара).

5.4.2 Базовая линия по выбросам CH_4

Для проектов, предусматривающих реализацию технологий, приводящих к изменению выбросов метана CH_4 , для определения базовой линии выбросов используются формулы из [15].

$$\text{CH}_4 \text{ баз} = \text{CH}_4 \text{ баз, рис} + \text{CH}_4 \text{ баз, ам}, \quad (2)$$

где $\text{CH}_4 \text{ баз}$ — суммарные выбросы метана базовой линии, $\text{тCO}_2\text{-экв.}$;

$\text{CH}_4 \text{ баз, рис}$ — выбросы метана базовой линии в результате выращивания риса, $\text{тCO}_2\text{-экв.}$;

$\text{CH}_4 \text{ баз, ам}$ — выбросы метана базовой линии от агротехнических мероприятий (применения удобрений и агрохимикатов), $\text{тCO}_2\text{-экв.}$

Как отмечается в [14], в Российской Федерации рисовые чеки занимают относительно небольшую площадь пахотных угодий (около 0,2 %). Поэтому специальная методология для мониторинга эмиссии метана в Российской Федерации не разрабатывалась. Рекомендуются применять уровень точности 2 руководства МГЭИК с учетом специфики рисоводства в Российской Федерации.

Выбросы метана в результате выращивания риса рассчитываются по формуле

$$\text{CH}_4 \text{ рис} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} \cdot t_{i,j,k} \cdot A_{i,j,k} \cdot 10^{-6}), \quad (3)$$

где $\text{CH}_4 \text{ рис}$ — годовые выбросы метана в результате выращивания риса, $\text{Гг CH}_4/\text{год}$;

$EF_{i,j,k}$ — суточный коэффициент выбросов для условий i, j и k , $\text{кг CH}_4/\text{га} \cdot \text{сут}$;

$t_{i,j,k}$ — период выращивания риса для условий i, j и k , сут ;

$A_{i,j,k}$ — годовая убранная площадь под рисом для условий i, j и k , га/год ;

i, j и k — представляют разные экосистемы, водные режимы, тип и количество органических удобрений и прочие условия, влияющие на выбросы CH_4 в результате производства риса.

В своей простейшей форме данное уравнение применяется с использованием региональных данных о деятельности (т. е. регионального среднего периода выращивания риса и площади сбора урожая) и единого коэффициента выбросов ПГ. Тем не менее, природные условия и сельскохозяйственное управление производством риса могут сильно варьировать в пределах региона. Эффективная практика заключается в учете этой вариабельности путем разделения общей площади сбора урожая на подкатегории (например, уборочные площади с различными водными режимами). Площадь сбора урожая для каждой подкатегории умножается на соответствующий период выращивания и коэффициент выбросов, которые представляют условия, характеризующие подкатегорию. При подобном разукрупненном подходе общегодовые выбросы равны сумме выбросов из каждой подкатегории (см. [15]).

Скорректированный суточный коэффициент выбросов:

$$EF_i = EF_c \cdot SF_w \cdot SF_p \cdot SF_o \cdot SF_{s,r}, \quad (4)$$

где EF_i — скорректированный суточный коэффициент выбросов для конкретной площади уборки урожая, кг $\text{CH}_4/\text{га} \cdot \text{сут}$;

EF_c — базовый коэффициент выбросов для постоянно затопленных полей без органических удобрений, кг $\text{CH}_4/\text{га} \cdot \text{сут}$;

SF_w — коэффициент масштабирования для учета различий водных режимов в течение периода выращивания из [15] (часть IV, глава 3, таблица 3.2);

SF_p — коэффициент масштабирования для учета различий в водном режиме перед сезоном, до периода выращивания из [15] (часть IV, глава 3, таблица 3.3);

SF_o — коэффициент масштабирования должен варьировать как для типов, так и для количества внесенного органического удобрения из [15] (часть IV, глава 3, таблица 3.4, уравнение 3.3);

$SF_{s,r}$ — коэффициент масштабирования для типа почвы, сорта риса и т. д., если имеются соответствующие данные.

На уровне 2 применяется такой же методологический подход, как и на уровне 1, но при этом должны использоваться коэффициенты выбросов и/или коэффициенты масштабирования по конкретному региону. Указанные коэффициенты по конкретному региону должны отражать местное воздействие условий (i, j, k и т. д.), которые влияют на выбросы CH_4 , и, предпочтительно, быть разработаны на основе экспериментальных данных. Как и в случае подхода уровня 1, рекомендуется внедрять метод с наибольшим уровнем разукрупнения и включать совокупность условий (i, j, k и т. д.), влияющих на выбросы CH_4 .

Для моделирования выбросов CH_4 возможно использовать модель Ex-Ante Carbon-balance Tool (EX-ACT) или DNDC.

Выбросы метана базовой линии от агротехнических мероприятий $\text{CH}_4_{\text{баз,ам}}$ определяются на основании моделирования или прямых замеров.

Например, если проект предполагает применение или исключение применения навоза, то выбросы рассчитываются согласно [15] (часть IV, раздел 1.4). При этом $\text{CH}_4_{\text{баз,ам}} = \text{CH}_4_{\text{Навоз}}$.

Выбросы CH_4 в результате сбора и хранения навоза и помета:

$$\text{CH}_4_{\text{Навоз}} = \sum_{(T)} \frac{EF_{(T)} \cdot N_{(T)}}{10^6}, \quad (5)$$

где $\text{CH}_4_{\text{Навоз}}$ — выбросы CH_4 в результате сбора и хранения навоза и помета для всех установленных видов скота и птицы в Гг $\text{CH}_4/\text{год}$;

$EF_{(T)}$ — коэффициент выбросов для каждой категории/подкатегории скота и птицы, кг $\text{CH}_4/\text{голова} \cdot \text{год}$;

$N_{(T)}$ — количество голов категории/подкатегории скота и птицы T в регионе;

T — вид/категория/подкатегория скота и птицы.

В [15] (часть IV, раздел 1.4, таблицы 1.7, 1.8 и 1.9) представлены коэффициенты выбросов для различных среднегодовых температур и для каждой из рекомендуемых подкатегорий поголовья. Эти коэффициенты выбросов представляют диапазон содержания летучих твердых веществ в навозе и ис-

пользуемых в каждом регионе практик сбора и хранения навоза и помета, а также различия в выбросах в зависимости от температур.

Изменение выбросов метана возможно также при смене категории землепользования и восстановлении деградировавших сельскохозяйственных земель. Потенциал изменения эмиссий и поглощений приведен в приложении Г.

5.4.3 Базовая линия по выбросам N_2O

Для проектов, предусматривающих реализацию технологий, приводящих к изменению выбросов N_2O , для определения базовой линии выбросов используются формулы из [15] (часть IV, глава 2, приложение 1).

$$N_2O-N_{\text{баз}} = N_2O-N_{\text{баз,прям}} + N_2O-N_{\text{баз,косв}}, \quad (6)$$

где $N_2O-N_{\text{баз}}$ — суммарные выбросы N_2O базовой линии, т CO_2 -экв.;

$N_2O-N_{\text{баз,прям}}$ — прямые выбросы N_2O базовой линии, т CO_2 -экв.;

$N_2O-N_{\text{баз,косв}}$ — косвенные выбросы N_2O базовой линии, т CO_2 -экв.

В соответствии с [15] прямые выбросы N_2O из обрабатываемых почв (уровень точности 1):

$$N_2O_{\text{прям}}-N = N_2O-N_{\text{Нпоступл.}} + N_2O-N_{\text{OS}} + N_2O-N_{\text{PRP}}, \quad (7)$$

где

$$N_2O-N_{\text{Нпоступл.}} = \left[\frac{[(F_{\text{SN}} + F_{\text{ON}} + F_{\text{CR}} + F_{\text{SOM}}) \cdot EF_1] + [(F_{\text{SN}} + F_{\text{ON}} + F_{\text{CR}} + F_{\text{SOM}})_{\text{FR}} \cdot EF_{1\text{FR}}]}{2} \right], \quad (8)$$

$$N_2O-N_{\text{OS}} = \sum_{C,G} (F_{\text{OSC},G} \cdot EF_{2C,G}), \quad (9)$$

$$N_2O-N_{\text{PRP}} = [(F_{\text{PRP},\text{CPP}} \cdot EF_{3\text{PRP},\text{CPP}}) + (F_{\text{PRP},\text{SO}} \cdot EF_{3\text{PRP},\text{SO}})], \quad (10)$$

$N_2O_{\text{прям.}}-N$ — годовые прямые выбросы N_2O-N из обрабатываемых почв, кг N_2O-N /год;

$N_2O-N_{\text{Нпоступл.}}$ — годовые прямые выбросы N_2O-N в результате антропогенного внесения азота в обрабатываемые почвы, кг N_2O-N /год;

N_2O-N_{OS} — годовые прямые выбросы N_2O-N из органогенных почв пашен и кормовых угодий, кг N_2O-N /год;

N_2O-N_{PRP} — годовые прямые выбросы N_2O-N в результате поступлений мочи и помета в почвы на пастбищах, кг N_2O-N /год;

F_{SN} — годовое количество азота минеральных удобрений, внесенных в почвы, кг N /год;

F_{ON} — годовое количество навоза, компоста и других органических азотсодержащих добавок, внесенных в почвы (примечание: учитывая, что в Российской Федерации внесение осадков сточных вод в пахотные почвы не производится ввиду их высокой токсичности и возможного загрязнения почв тяжелыми металлами и гельминтами, этот источник выбросов N_2O при инвентаризации сельского хозяйства не рассматривается), кг N /год;

F_{CR} — годовое количество азота в растительных остатках (надземных и подземных) культурных растений, в т. ч. от азотфиксирующих культур и от обновления/восстановления кормовых культур, пастбищ и сенокосов, возвращаемое в почвы, кг N /год;

F_{SOM} — годовое количество азота в минеральных почвах, которое минерализуется в связи с потерей углерода из почвенного органического вещества в результате изменений в землепользовании или изменений в практике управления почвами, кг N /год;

F_{PRP} — годовое количество азота мочи и помета, оставленное на пастбище, выпасе и в загоне пастбищными животными и птицей, кг N /год [примечание: нижние индексы CPP и SO относятся соответственно к коровам, крупному рогатому скоту, домашней птице и свиньям (CPP); и к овцам и прочим животным (SO)];

- EF_1 — коэффициент выбросов N_2O от антропогенного внесения азота в почвы, кг N_2O-N /кг поступающего N [[15] (часть IV, глава 2, таблица 2.1)];
- EF_{1FR} — коэффициент выбросов N_2O от антропогенного внесения азота на рисовые поля, кг N_2O-N /кг поступающего N [[15] (часть IV, глава 2, таблица 2.1)];
- EF_2 — коэффициент выбросов для выбросов N_2O от осушенных органических почв на обрабатываемых землях и кормовых угодьях, кг N_2O-N /га · год [[15] (часть IV, глава 2, таблица 2.1)] (подстрочные индексы С, G относятся соответственно к обрабатываемым землям, сенокосам и пастбищам);
- EF_{3PRP} — коэффициент выбросов N_2O от азота мочи и помета, оставленного на пастбище, выпасе и в загоне пастбищными животными и птицей, кг N_2O-N /кг поступающего N [[15] (часть IV, глава 2, таблица 2.1)].

Прямые выбросы N_2O из обрабатываемых почв (уровень точности 2):

$$N_{2O\text{прям}} - N = \sum_i (F_{SN} + F_{ON})_i \cdot EF_{1i} + (F_{CR} + F_{SOM}) \cdot EF_1 + N_{2O} - N_{OS} + N_{2O} - N_{PRP}, \quad (11)$$

где EF_i — коэффициенты выбросов, разработанные для выбросов N_2O в результате внесения минеральных удобрений и органического азота при условиях i , кг N_2O-N /кг поступающего N;

$i = 1, \dots, n$.

Предпочтительно использовать методы расчета уровня точности 2 или 3. Однако при отсутствии достаточных данных на национальном или локальном уровне для типов земель и удобрений климатического проекта возможно использовать коэффициенты выбросов с сайта ФАО¹⁾, которые приведены в таблице 2. Они могут также использоваться для оценки потенциального влияния на выбросы ПГ от изменения типа применяемого удобрения.

Физический смысл показателя «Среднее значение выбросов N_2O (%)»: этот показатель указывает на долю внесенного азота, который преобразуется в закись азота (N_2O) и выбрасывается в атмосферу. Он выражен в процентах от общего количества азота, внесенного в виде удобрений. Таким образом, он соответствует коэффициенту EF_i в формуле 4.

Химический смысл: этот показатель отражает эффективность превращения азота удобрений в закись азота через микробиологические и химические процессы в почве. Высокое значение указывает на большую долю азота, преобразованного в N_2O , что свидетельствует о значительных потерях азота в форме парникового газа.

Т а б л и ц а 2 — Коэффициенты выбросов N_2O для различных типов удобрений

Тип удобрения	Среднее значение выбросов N_2O (%)	Медианное значение выбросов N_2O (%)	Стандартное отклонение	Количество измерений	Макс. (%)	Мин. (%)
AA (безводный аммиак)	2,0	1,4	2,2	26	7,3	0,0
ACI (аммоний хлорид)	0,1	0,1	0,1	9	0,4	0,0
AN (аммиачная селитра)	1,7	1,0	1,8	50	7,1	0,0
AS (аммоний сульфат)	0,8	0,2	2,4	22	11,4	0,0
CAN (нитрат аммония)	1,2	0,7	1,5	40	8,3	0,0
CN (кальциевый нитрат)	1,5	0,4	3,5	11	12,0	0,0
KN (калийный нитрат)	2,4	0,1	4,4	12	12,5	0,0
Mix (смесь)	1,0	0,7	1,0	8	2,4	0,1
AP (аммоний фосфат)	1,4	0,8	1,8	11	6,3	0,3

¹⁾ <https://www.fao.org/4/Y2780E/y2780e04.htm#fig2>. Дата обращения: 31.08.2024 г.

Окончание таблицы 2

Тип удобрения	Среднее значение выбросов N ₂ O (%)	Медианное значение выбросов N ₂ O (%)	Стандартное отклонение	Количество измерений	Макс. (%)	Мин. (%)
О (органические удобрения)	0,6	0,3	0,7	45	3,3	0,0
OS (органические смеси)	2,4	1,9	1,8	25	6,8	0,2
Urea (мочевина)	1,1	0,3	2,7	48	14,7	0,0
UAN (мочевина + аммоний нитрат)	1,0	0,5	2,0	34	10,8	0,0

В [14] также приводятся коэффициенты выбросов N₂O (в долях единиц) — см. таблицу 3, которые могут использоваться как альтернативные для оценки базовых выбросов от обрабатываемых земель в рамках климатического проекта.

Т а б л и ц а 3 — Коэффициенты выбросов N₂O от минеральных удобрений

Дозы удобрений, кг N/га	Черноземы	Дерново-подзолистые почвы	Другие типы почв
40—75	0,0126	0,0238	0,0125
160—265	0,006	0,012	

Наряду с расчетами по указанным выше формулам возможно использование агроэкосистемных моделей как для базовой линии, так и для выбросов в рамках проекта. Перечень наиболее известных моделей и сведения о них приведены в приложении Б настоящего стандарта по материалам отчета [16].

Помимо прямых выбросов N₂O из обрабатываемых почв, которые происходят непосредственно из почв, к которым поступает азот, выбросы N₂O происходят также по двум косвенным путям. Необходимые формулы и расчетные коэффициенты для N₂O-N_{баз,косв} приведены в [15] (часть IV, глава 2, приложение 1, подпункт 2.2).

5.4.4 Оценка базовых выбросов от сжигания ископаемого вида топлива при ведении деятельности в области сельского хозяйства

Расчет базового уровня выбросов CO₂ от сжигания ископаемого вида топлива до начала реализации проекта осуществляется согласно методике количественного определения объема выбросов ПГ, утвержденной [10]. При этом оценивают выбросы от суммарной массы расхода ископаемого топлива транспортными средствами, задействованными для выполнения механизированных мероприятий в течение полного календарного года на полях, входящих в зону проектной деятельности. В базовом уровне учитывают ежегодный расход топлива на все мероприятия согласно собранным данным за предыдущие 5 лет деятельности.

Выбросы CH₄ и N₂O при сжигании ископаемого вида топлива при ведении деятельности в области сельского хозяйства считают незначительными (составляют менее 5 %) и не учитывают в общих суммарных выбросах по проекту. Выбросы CO₂ от сжигания ископаемого вида топлива C_{сжиг}, tCO₂/год, транспортным средством/оборудованием до начала реализации проекта рассчитывают по формуле

$$C_{\text{сжиг}} = \sum_{k=0}^n V_k \cdot EF_k, \tag{12}$$

где V_k — расход топлива k на транспортном средстве/оборудовании до начала реализации проекта, тыс. м³/год;

EF_k — коэффициент эмиссии CO₂ от сжигания ископаемого топлива k транспортным средством/оборудованием.

Значения коэффициентов EF_k по умолчанию приведены в [10] (таблица 1.1).

5.5 Описание технологических методов проекта

Проектная документация должна содержать описание конкретных мероприятий из технологических методов, приведенных в таблице 1 настоящего стандарта.

Для идентификации мероприятий в рамках климатических проектов рекомендуется придерживаться классификации, приведенной в Реестре почвозащитных агротехнологий производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, применяемых в Российской Федерации для организации федеральной статистической отчетности Росстата [17], приведенных в таблице 4, с дополнениями по материалам научного доклада [13].

Т а б л и ц а 4 — Классификация почвозащитных агротехнологий и их потенциал депонирования углерода

Наименование применяемой почвозащитной агротехнологии	Характеристика применяемой агротехнологии производства	Влияние на баланс гумуса	Потенциал связывания С, т С/га в год
Технология производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с использованием адаптивно-ландшафтной системы земледелия	Технология производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на основании разработанной адаптивно-ландшафтной системы земледелия для конкретного сельскохозяйственного товаропроизводителя, предусматривающей смену систем севооборотов сельскохозяйственных культур и реализацию комплекса научно обоснованных организационно-хозяйственных агротехнических, мелиоративных, гидротехнических и других мер	—	0,25
Технология производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, соответствующая правилам производства органической продукции	Технология производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия соответствует требованиям [18] и сельскохозяйственная продукция, получаемая с конкретной площади сельхозугодий, имеет сертификат соответствия, подтвержденный в форме добровольной сертификации	Экстенсивный уровень агротехнологий. Потенциал положительного баланса С только при широком использовании органических удобрений. В отсутствие минеральных удобрений масса пожнивных и корневых остатков ниже по сравнению с зональными системами земледелия	—
Технология производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, соответствующая правилам производства сельскохозяйственной продукции, промышленной и иной продукции с улучшенными характеристиками	Технология производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия соответствует требованиям [19] и сельскохозяйственная продукция, получаемая с конкретной площади сельхозугодий, имеет сертификат соответствия, подтвержденный в форме добровольной сертификации. Аккредитованный орган по сертификации — Роскачество. Разработано 6 национальных стандартов. Закреплены такие понятия как «сельскохозяйственная продукция с улучшенными характеристиками», «продовольствие с улучшенными характеристиками», «промышленная и иная продукция с улучшенными характеристиками». К этой группе технологий относятся и минеральные удобрения с улучшенными характеристиками	—	—

Продолжение таблицы 4

Наименование применяемой почвозащитной агротехнологии	Характеристика применяемой агротехнологии производства	Влияние на баланс гумуса	Потенциал связывания С, т С/га в год
Технология прямого сева (no-till)	Посев в неподготовленную почву, т. е. в почву, которая не подвергалась какой-либо предварительной обработке с сохранением на поле стерни и мульчи из измельченных растительных остатков. Переходу на эту технологию предшествует специальная обработка для выравнивания поверхности почвы. Рыхление плужной подошвы проводится раз в 3—5 лет специальными агрегатами	Потенциал секвестрации 0,1—0,5 т С/га в год для земель аридного и семиаридного климата и проявлением водной и воздушной эрозии	0,25
Технология производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия — strip-till	Технология полосной обработки почвы. Обработка полосы шириной 20—25 см, а междурядья остаются не тронутыми. Обработка почвы производится на месте, где должна произрастать сельскохозяйственная культура. Для обработки почвы используется специальное оборудование. Обработка почвы на глубину до 15 см проводится в сочетании с посевом исключительно в зоне ряда, а междурядья вместе со стерней и мульчей из измельченных остатков растения-предшественника остаются нетронутыми. Strip-till не подойдет для влажных и тяжелых грунтов	Высокий потенциал секвестрации по сравнению с прямым севом, но противоречивые данные по фактической секвестрации С. Высокие требования к агрономической культуре хозяйства	0,25
Технология производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия — mini-till	Технология поверхностной обработки почвы: а) измельчение растительных остатков комбайнами одновременно с уборкой урожая; б) лущение стерни сразу после уборки различными орудиями на глубину 6—8 см; в) осенняя обработка дисковыми боронами на глубину 15—18 см; г) один раз в два года глубокое рыхление почвы на глубину 35—40 см; д) чередование культур с большим и малым количеством пожнивных остатков для равномерной переработки почвенными микроорганизмами без накопления соломы и ее обработки в обрабатываемом слое до 10 см; е) использование сельскохозяйственных орудий с минимальной обработкой почвы. Использование данной технологии нецелесообразно на: суглинистых и глинистых почвах; почвах с неблагоприятными агрофизическими свойствами пахотных горизонтов (высокой равновесной плотностью (1,4 г/см ³ и выше)); склоновых почвах, подверженных водной эрозии, из-за усиления поверхностного стока воды (минимальную обработку целесообразно заменить глубокой безотвальной обработкой почвы)	Высокий потенциал секвестрации (до 1 т С/га в год) при условии эффективной системы питания и защиты растений, ориентированной на высокую урожайность (массу корневых и пожнивных остатков и их гумификацию в почве). Часто приводят к агрофизической деградации почв	0,1

Окончание таблицы 4

Наименование применяемой почвозащитной агротехнологии	Характеристика применяемой агротехнологии производства	Влияние на баланс гумуса	Потенциал связывания C, т C/га в год
Смешанная почвозащитная технология производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия	Технология производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, предусматривающая использование в севооборотах технологий прямого сева (no-till), технологий strip-till, технологий mini-till.	—	0,15

Перерасчет в единицы выбросов CO₂-экв. по данным [13] выполняется по следующим зависимостям:

$$= 1 \text{ т CO}_2\text{-экв.} = 3,66 \cdot 1 \text{ т C};$$

$$= 1 \text{ т C} = \text{гумус}/1,724.$$

Наряду с представленным в таблице 4 реестром почвозащитных агротехнологий для идентификации технологий в климатических проектах возможно использовать [20].

Для технологий, связанных с применением удобрений медленного и контролируемого высвобождения азота и стабилизированных удобрений, в таблице 5 приведены данные по возможным решениям и климатическим эффектам по материалам с сайта ФАО¹⁾. Ингибиторы нитрификации могут относиться к продукции с улучшенными характеристиками в соответствии с [19].

Таблица 5 — Эффекты снижения выбросов N₂O при применении удобрений с ингибиторами нитрификации

Тип удобрения/ингибитора	Снижение выбросов N ₂ O, %	Раздел и страницы ¹⁾	Примечание (культура, удобрения)
ESN (экологически умный азот) ²⁾	49	Раздел 6, стр. 93—94	Кукуруза (no-till)
Super U (мочевина с Agrotain Plus)	51	Раздел 6, стр. 93—94	Кукуруза (no-till)
Urea + DCD (мочевина с дициандиамидом)	До 60	Раздел 6, стр. 94, 99	Лабораторное исследование
CLMP, DCD и DMPP (4-хлор-3-метилпиразол, дициандиамид, 3,4-диметилпиразол фосфат)	7—28	Раздел 6, стр. 99	Полевые условия
DCD + TZ (дициандиамид + 1H-1,2,4-триазол)	20—40	Раздел 6, стр. 98	Мочевина + сульфат аммония
DMPP (3,4-диметилпиразол фосфат)	30—70	Раздел 6, стр. 99	Мочевина
DMPP (3,4-диметилпиразол фосфат)	48—69	Раздел 6, стр. 99	Пастбище, внесение навоза
DMPP (3,4-диметилпиразол фосфат)	51	Раздел 6, стр. 94	Сульфат аммония
DMPA [2-(3,4-диметил-1H-пиразол-1-ил) янтарная кислота, изомерная смесь]	30—71	Введение	Пшеница, сульфат аммония
Nitrapyrin [2-хлор-6-(трихлорметил) пиридин]	40—65	Раздел 6, стр. 94	Мочевина, кукуруза
Calcium carbide (карбид кальция)	33—82	Раздел 6, стр. 94	Мочевина, кукуруза

¹⁾ <https://www.fao.org/4/Y2780E/y2780e04.htm#fig2>. Дата обращения: 31.08.2024 г.

²⁾ Тип удобрения с медленным высвобождением азота, разработанный для уменьшения потерь азота в окружающую среду и улучшения эффективности использования азота растениями.

Еще одним источником описания изменения выбросов в проектной сценарии в зависимости от применяемых технологий является справочная информация из 4-го оценочного доклада МГЭИК [21], приведенная в приложении Г.

5.6 Обоснование дополнительности проекта

Дополнительными признаются проекты, не связанные с исполнением обязательных требований законодательства (например, необходимостью рекультивации земель или устранения причиненного ущерба окружающей среде). Кроме того, применяемая технология не должна относиться к общераспространенной практике на территории субъекта РФ, в границах которого намечена реализация климатического проекта. Общераспространенной практикой для целей настоящего стандарта признается технология, применяемая на 40 % и более сельскохозяйственных земель субъекта Российской Федерации, в котором планируется реализация климатического проекта.

5.7 Количественная оценка выбросов и поглощений парниковых газов в рамках проекта

5.7.1 Оценка проектных выбросов CO₂

Содержание углерода в почвах в проектной сценарии рассчитывается по формуле

$$\text{ПОУ}_{\text{проект}} = \sum_i \text{ПОУ}_{\text{проект},i} \cdot A_i, \quad (13)$$

где $\text{ПОУ}_{\text{проект},i}$ — содержание углерода в почвах в проектной сценарии, тС/га;
 A_i — площадь i -го участка в рамках проекта, га.

Для каждого участка на соответствующей проектной территории запасы ПОУ оцениваются с использованием одного из трех уровней точности. Если для базового и проектного сценариев в рассматриваемом участке используются разные уровни точности, необходимо обеспечить консервативность и сопоставимость оценок.

Уровень точности 3: прямые измерения на участке проектной территории с использованием методов, приведенных в приложении В.

Уровень точности 2: Использование метода моделирования запасов углерода в пахотных почвах с использованием моделей, таких как модели RothC, DNDC, EX-ACT или другой релевантной модели из приложения Б. Эти модели должны оценивать запасы ПОУ на глубине 30 см при конкретной применяемой агротехнологии на пахотных землях. Моделирование должно учитывать поступление биомассы в почву только в пределах границ проекта.

Уровень точности 1: использование коэффициентов по умолчанию возможно на этапе разработки проектной документации и валидации, но не допускается для количественного определения фактических выбросов в рамках мониторинга проекта.

На этапах разработки и валидации проекта допускается оценивать проектные выбросы ПГ с учетом потенциала применяемых в рамках проекта технологий и мероприятий, приведенных в таблице 4 и таблице Г.1.

5.7.2 Оценка проектных выбросов CH₄

Для проектов, предусматривающих реализацию технологий, приводящих к изменению выбросов метана CH₄, для определения выбросов в рамках проектного сценария используется формула из [15] (часть IV, глава 3)

$$\text{CH}_{4\text{проект}} = \text{CH}_{4\text{проект,рис}} + \text{CH}_{4\text{проект,ам}}, \quad (14)$$

где $\text{CH}_{4\text{проект}}$ — суммарные выбросы метана в рамках проектного сценария, тCO₂-экв.;

$\text{CH}_{4\text{проект,рис}}$ — выбросы метана в результате выращивания риса в рамках проектного сценария, тCO₂-экв.;

$\text{CH}_{4\text{проект,ам}}$ — выбросы метана от агротехнических мероприятий (применения удобрений и агрохимикатов) в рамках проектного сценария, тCO₂-экв.

Для расчетов выбросов CH₄ в рамках проекта используются формулы и подходы из 5.4.2.

Уровень точности 3: прямые измерения на участке проектной территории с использованием методов, приведенных в приложении В.

Уровень точности 2: использование метода моделирования запасов углерода в пахотных почвах с использованием моделей, таких как модели DNDC, EX-ACT или другой релевантной модели из приложения Б.

Уровень точности 1: на этапах разработки и валидации проекта допускается оценивать проектные выбросы с учетом потенциала применяемых в рамках проекта технологий и мероприятий, приведенных в таблицах 2, 3, 5 или таблице Г.1. Коэффициенты из таблиц 2 и 5 могут применяться и на этапе мониторинга фактических результатов реализации климатического проекта, связанного с применением новых типов удобрений или их заменой. На этапах разработки и валидации проекта допускается оценивать проектные выбросы с учетом потенциала применяемых в рамках проекта технологий и мероприятий, приведенных в таблице Г.1.

5.7.3 Оценка проектных выбросов N_2O

Для проектов, предусматривающих реализацию технологий, приводящих к изменению выбросов метана N_2O , для определения в рамках проектного сценария используется формула из [15] (часть IV, глава 2)

$$N_2O-N_{\text{проект}} = N_2O-N_{\text{проект,прям}} + N_2O-N_{\text{проект,косв}}, \quad (15)$$

где $N_2O-N_{\text{проект}}$ — суммарные выбросы N_2O в рамках проектного сценария, т CO_2 -экв.;
 $N_2O-N_{\text{проект,прям}}$ — прямые выбросы N_2O в рамках проектного сценария, т CO_2 -экв.;
 $N_2O-N_{\text{проект,косв}}$ — косвенные выбросы N_2O в рамках проектного сценария, т CO_2 -экв.

Для расчетов выбросов N_2O в рамках проекта используются формулы и подходы из 5.4.3.

Уровень точности 3: прямые измерения на участке проектной территории с использованием методов, приведенных в приложении В.

Уровень точности 2: использование метода моделирования запасов углерода в пахотных почвах с использованием моделей, таких как модели RothC, DNDC, EX-ACT или другой релевантной модели из приложения Б.

Уровень точности 1: на этапах разработки и валидации проекта допускается оценивать проектные выбросы ПГ с учетом потенциала применяемых в рамках проекта технологий и мероприятий, приведенных в таблицах 2, 3, 5, или таблице Г.1. Коэффициенты из таблиц 2 и 5 могут применяться и на этапе мониторинга фактических результатов реализации климатического проекта, связанного с применением новых типов удобрений или их заменой.

5.7.4 Оценка проектных выбросов при сжигании ископаемого топлива

Выбросы CO_2 от сжигания ископаемого топлива транспортными средствами в проектном сценарии проводят в соответствии с 5.4.4. В качестве исходных данных используют суммарный расход топлива всеми транспортными средствами для проведения мероприятий на территории проекта в течение календарного года.

5.8 Оценка неопределенности

Данные по неопределенности отдельных параметров и коэффициентов при расчетах эмиссий ПГ приведены в [9], ниже приведены обобщенные значения неопределенности по каждому из ПГ.

Углекислый газ (CO_2):

- ошибка расчетов для объемов выброса при сжигании ископаемого топлива оценивается в среднем около 5 % (4—6 %). См. [14], стр. 34;

- средняя ошибка моделирования стока CO_2 на залежных землях оценивается в пределах $\pm 14,9$ %, что соответствует $\pm 37,0$ млн. тонн С или $\pm 135,5$ млн. тонн CO_2 . См. [14], стр. 338—339.

Метан (CH_4):

- неопределенность расчета выбросов метана в животноводстве Российской Федерации (от внутренней ферментации и систем сбора и хранения навоза и птичьего помета) оценивается около ± 7 %, что соответствует ± 12 % доверительного интервала. См. [14], стр. 332-333;

- неопределенность расчета выбросов метана от рисоводства составляет $\pm 33,4$ %. См. [14], стр. 333.

Закись азота (N_2O):

- неопределенность расчетов выбросов закись азота в животноводстве и при сельскохозяйственном землепользовании оценивается равной $\pm 18,6$ % (стандартное отклонение). Рассчитанный 95 % доверительный интервал составляет $\pm 37,1$ %. См. [14], стр. 338—339;

- для минеральных удобрений доверительные интервалы составляют -70 % / $+200$ %. Для уточненных коэффициентов эмиссии N_2O от внесенных азотных удобрений на черноземы и дерново-подзолистые почвы доверительные интервалы составляют -95 % / $+150$ %. См. [14], стр. 218.

5.9 Утечки в рамках проекта

Мероприятия проекта не должны приводить к совокупному увеличению выбросов ПГ или к снижению уровня их поглощения вне области влияния таких мероприятий.

Возможным источником утечки в результате деятельности по проекту является потенциальное сжигание пожнивных остатков за пределами проектного поля. Согласно Правилам противопожарного режима в Российской Федерации не разрешается сжигание стерни, пожнивных остатков и разведение костров на полях. Если такая утечка произойдет, она должна быть полностью учтена в проектной отчетной документации и представлена на проверку.

5.10 Расчет углеродных единиц и периода зачета

Предотвращенные выбросы CO_2 за счет увеличения депонирования углерода С в почвах рассчитываются по формуле

$$\begin{aligned}
 \text{ПВ}_{\text{год}} = & (\text{ПОУ}_{\text{проект}} - \text{ПОУ}_{\text{баз}}) \cdot M_{CO_2} + (\text{CH}_{4\text{баз}} - \text{CH}_{4\text{проект}}) + (N_2O - N_{\text{баз}} - N_2O - N_{\text{проект}}) + \\
 & + (CO_{2\text{баз,сжиг}} - CO_{2\text{проект,сжиг}}),
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

где $M_{CO_2} = 44/12$ — соотношение молекулярных масс CO_2 (44) и С (12), $tCO_2 / (tC)$.

Для проектов, по которым на этапе разработки и валидации отсутствует возможность количественной оценки выбросов ПГ для базового и/или проектного сценариев, возможен подход с использованием потенциалов мероприятий, указанных в таблицах 4, 5 и таблице Г.1, для прямого расчета $\text{ПВ}_{\text{год}}$. В таком случае по соответствующему ПГ описываются базовый и проектный сценарии и приводятся непосредственно вычисления углеродных единиц на основе оценочных потенциалов применяемых в проекте технологий.

5.11 Мониторинг результативности и отчетность

Разработчик проекта должен выбрать или установить критерии для определения участков для проведения регулярного мониторинга или оценки на основе представленных и достоверных данных.

В рамках мониторинга должны быть обозначены как минимум ключевые показатели, свидетельствующие о положительных изменениях реализации климатического проекта, а как максимум все возможные показатели, по которым возможно проведение систематических и комплексных наблюдений в рамках климатического проекта.

Разработчик проекта должен разработать и реализовать план мониторинга, который включает процедуры измерений, а именно: получение, регистрацию, обобщение и анализ данных и информации, необходимых для количественной оценки запасов углерода в почве, связанных с проектом и базовым сценарием. Разработчик проекта должен объяснить причину, по которой участок, указанный в базовом сценарии, не выбран для регулярного мониторинга.

Рекомендации к отбору проб почвы:

- метод отбора образцов для определения объемов почвенного углерода (ПОУ) на контрольных участках проводится в соответствии с ГОСТ Р 58595;

- общий расчет на глубину не более 30 см;

- пробы почвы необходимо отбирать регулярно, в одно и то же время в сезонных и биологических активностях;

- метод отбора образцов для определения почвенного углерода на контрольных участках определен в зависимости от физических свойств почв (интактные пробы для влажных почв без крупных агрегатов или дезинтегрированные пробы для крупнозернистых почв).

Рекомендации к отбору проб почвы:

- выбросы N_2O должны быть рассчитаны на фактических данных о цикле азота в соответствии с [15]. Возможно также применение прямых измерений, сравнимых с указанными выше методами, или агроэкосистемных моделей;

- прямые измерения для выбросов CO_2 от сжигания ископаемого топлива должны включать суммарный расход топлива всеми транспортными средствами, использованными для проведения мероприятий в рамках проекта, в течение одного календарного года. Выбросы CO_2 от сжигания ископаемого топлива должны быть рассчитаны на основе собранных фактических данных и оценены согласно [10].

Все данные, собранные в рамках мониторинга, следует архивировать в электронном виде и хранить не менее двух лет после окончания зачетного периода. Доступ к архивным данным следует проводить раз в три года и по запросу.

Мониторинг территории реализации проекта на пахотных землях следует проводить каждые два года в течение всего периода реализации проекта.

План мониторинга должен включать:

- цель мониторинга;
- показатели мониторинга;
- описание измеряемых и контролируемых параметров;
- виды данных и информацию, которые должны быть представлены, включая единицы измерения;
- источники данных;
- методики мониторинга, включая процедуру отбора проб почвы в соответствии с доступными национальными методиками и их репрезентативностью, оценкой, моделированием, измерением, подходами к расчету и неопределенностью. Периодичность мониторинга с учетом потребностей предполагаемых пользователей;

- роли и обязанности участников, связанные с мониторингом, включая процедуры авторизации, утверждения и документирования изменений в зафиксированных данных;

- процедуры контроля, включая внутреннюю проверку входных данных, преобразованных и выходных данных, а также процедуры корректирующих действий;

- системы управления информацией о ПГ, включая размещение и сохранение данных, а также управление данными, включая процедуры передачи данных между различными типами систем или документации.

В случае использования инструментов и оборудования для мониторинга исполнитель проекта должен обеспечивать их надлежащее применение, техническое обслуживание и соответствие требованиям настоящего стандарта, а также их соответствие международным и национальным методикам и подходам к инвентаризации ПГ.

Исполнитель проекта должен применять критерии и процедуры мониторинга в соответствии с планом мониторинга. Все данные и информация, относящиеся к мониторингу проекта, должны быть зарегистрированы и задокументированы.

Исполнитель проекта должен как минимум стратифицировать территорию реализации проекта по видам возделываемых культур, типам обработки почвы, по использованию пожнивных растительных остатков, внесению в почву минеральных и органических удобрений и климатических параметров, соответствующих зоне реализации проекта.

Дистанционные (в т. ч. спектральные, гиперспектральные) и иные измерения запасов углерода и/или выбросов ПГ могут быть приняты при валидации базовой линии. Верифицированные результаты проекта для каждой территории и контрольных участков должны быть представлены и зарегистрированы в качестве отчетов.

5.12 Сопутствующие эффекты климатических проектов

Помимо основных эффектов в виде увеличения запасов углерода в почвах и снижения выбросов парниковых газов климатические проекты по совершенствованию управления землями сельскохозяйственного назначения могут иметь следующие сопутствующие эффекты.

Положительные эффекты:

- повышение плодородия почвы: методы углеродного земледелия, такие как использование органических удобрений и покровных культур, способствуют повышению плодородия почвы и улучшению ее структуры;

- биоразнообразие: введение систем севооборотов и использование многолетних насаждений способствует увеличению биоразнообразия и улучшению экосистемных услуг;

- устойчивое управление водными ресурсами: оптимизация режимов орошения и осушения способствует более рациональному использованию водных ресурсов, что помогает в борьбе с деградацией земель и поддерживает водный баланс в экосистемах;

- снижение эрозии почвы: использование методов минимальной обработки почвы, таких как No-Till, способствует снижению эрозии почвы и сохранению ее структуры.

Нежелательные побочные эффекты:

- высокие финансовые риски: реализация проектов углеродного земледелия может быть связана с высокими финансовыми рисками для сельхозпроизводителей, включая затраты на внедрение новых технологий и систем мониторинга;

- потенциальное загрязнение почвы и воды: интенсивное использование органических удобрений и других агрохимикатов может привести к загрязнению почвы и водных ресурсов при неправильном управлении;

- социальные и экономические риски: неравномерное распределение выгод от углеродного земледелия может привести к социальным и экономическим вызовам, особенно в сельских районах, где доступ к новым технологиям и ресурсам может быть ограничен.

5.13 Проектные риски

Типология проектных рисков и примеры мероприятий по их минимизации приведены в таблице 6 по материалам [22].

Т а б л и ц а 6 — Риски при реализации климатических проектов и меры их минимизации

Риск	Описание	Действия по минимизации
Риск недостаточности финансирования	Необходимость регулярных значительных инвестиций, высокая стоимость климатических проектов	Оптимизация проектного плана, поиск дополнительного финансирования, гранты и субсидии
Риск снижения эффекта	Недостаточность реализованных в Российской Федерации проектов создает недостаток статистических данных для гарантированного подтверждения заявленного в проекте климатического эффекта	Использование проверенных методологий и методик измерения, регулярное обновление данных, верификация
Риск непостоянства	Потери углерода из-за природных факторов, таких как пожары	Разработка стратегий управления рисками, страхование, восстановление после инцидентов

Пояснения к действиям по минимизации:

- оптимизация проектного плана: включает детальное планирование и бюджетирование с учетом всех возможных затрат и рисков;

- поиск дополнительного финансирования: использование грантов, субсидий, а также привлечение инвесторов для обеспечения финансовой устойчивости проекта;

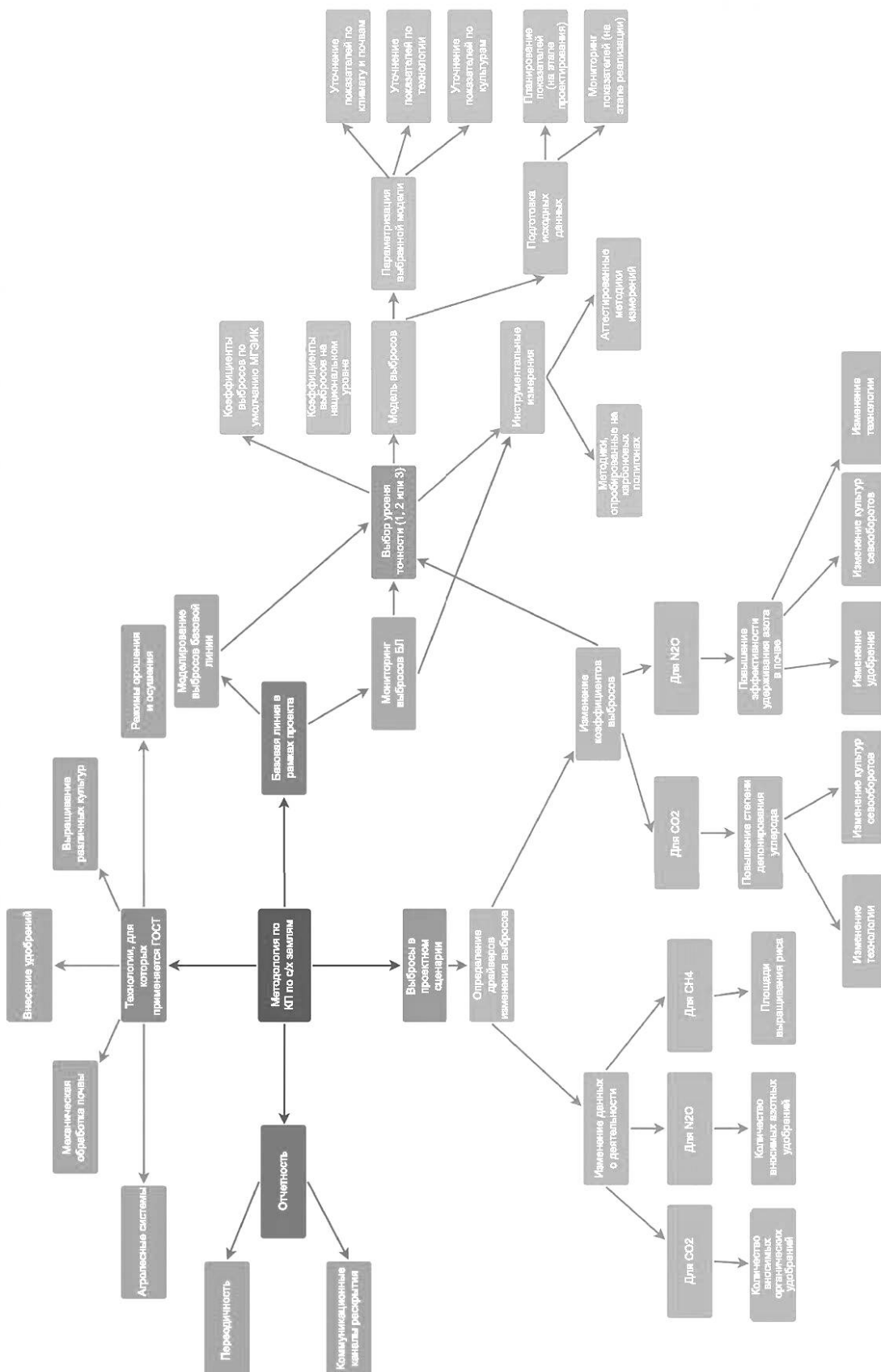
- использование проверенных методологий и методик измерений: применение адаптированных к местным условиям методологий для оценки и верификации результатов проекта;

- регулярное обновление данных: постоянное обновление данных о выбросах и поглощениях, чтобы отражать текущие результаты и улучшения;

- разработка стратегий управления рисками: мониторинг и оперативное реагирование на природные катастрофы и другие форс-мажорные обстоятельства.

Приложение А (справочное) Модель предметной области стандарта

На рисунке А.1 представлена модель предметной области стандарта.



Приложение Б
(справочное)

Международные агроэкосистемные модели

В отчете [16] приведены перечни наиболее известных агроэкосистемных моделей с областями их применения и необходимыми исходными данными.

Таблица Б.1 — Список агроэкосистемных моделей с областями использования

Сокращенное название	Полное название	Версия	Моделирование выбросов ПГ			Масштаб модели	Тип землепользования	Веб-ссылка или контакт
			CO ₂	N ₂ O	CH ₄			
ADAPT	Agricultural Drainage and Pesticide Transport	2.0.4	—	—	—	Участок	Сельское хозяйство	adaptframework.org
AGROSIM	Agroecosystem Simulation Model	12.93	—	—	—	Участок	Сельское хозяйство	***
ANIMO	Soil processes and nutrient leaching model	4.0	Да	Да	Да	Участок	Сельское хозяйство	wur.nl
APEX	Agricultural Policy/Environmental eXtender Model	v.1501	Да	Да	Нет	Участок, регион, водосборный бассейн	Смешанное использование	epicarpe.tamu.edu
APSIM	Agricultural Systems Modelling and Simulation	7.6	Да	Да	Нет	Участок, регион	Сельское хозяйство	—
AquaCrop	Crop-water productivity model	6.0	—	—	—	Участок	Сельское хозяйство	fao.org
CANDY	Carbon and Nitrogen Dynamics Model	3.20.17.36	—	Да	—	Участок	Сельское хозяйство	—
CERES	Crop Estimation through Resource and Environment Synthesis	2.0	Да	Да	—	Участок	Сельское хозяйство	—
CENTURY	Нет сведений	5.0	—	—	—	Участок, регион	Пастбища, сельскохозяйственные земли, леса и саванны	nrel.colostate.edu
COMET-FARM	Carbon Management & Emissions Tool	2.3	Да	Да	Да	Участок	Сельское хозяйство	comet-farm.com
CFT	COOL FARM TOOL	0.11.06	Да	Да	Да	Участок	Сельское хозяйство	coolfarmtool.org
CQESTER	Нет сведений	2.0	—	—	—	Участок	Сельское хозяйство	ars.usda.gov

Продолжение таблицы Б.1

Сокращенное название	Полное название	Версия	Моделирование выбросов ПГ			Масштаб модели	Тип землепользования	Веб-ссылка или контакт
			CO ₂	N ₂ O	CH ₄			
CREAMS	Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems	***	—	—	—	Участок, регион, водосборный бассейн	Влияние землепользования на воду, осадки и питательные вещества	https://www.tucson.ars.ag.gov/unit/Publications/PDFfiles/312.pdf
CropSyst	Cropping Systems Simulation Model	4.0	—	—	—	Участок	Сельское хозяйство	—
DAISY	DAISY	5.2	—	—	—	Участок	Сельское хозяйство	https://daisy.ku.dk
Daycent	Daily CENTURY Model	DayCent 4.5	Да	Да	Да	Участок, регион	Пастбища, сельское хозяйство, земледелие, леса и саванны	https://www2.nrel.colostate.edu/projects/irc/
DNDC	DeNitrification-DeComposition Model	DNDC 95 и Manure DNDC	Да	Да	Да	Участок, регион	Сельское и лесное хозяйство	—
DSSAT	Decision Support System for Agrotechnology Transfer	4.6	Да	Да	Да	Участок, регион	Сельское и лесное хозяйство	http://dssat.net
EPIC	Environmental Policy Integrated Climate Model	V.0810	—	—	—	Участок	Сельское хозяйство	http://epicapex.tamu.edu
Expert_N	Expert_N	5.0	—	—	—	Участок	Сельское хозяйство	https://soil-modeling.org/resources-links/model-portal/expert-n
GLEAMS	Groundwater Loading Effects on Agricultural Management Systems	***	—	—	—	Участок	Загрузка пестицидов и питательных веществ в грунтовые воды	https://www.ars.usda.gov/southeast-area/tifton-ga/southeast-watershed-earch/models/gleams-model/
HERMES	HERMES	2.0	—	—	—	Участок	Сельское хозяйство	***
Holos	Holos software program	3.0.6	Да	Да	Да	Участок	Сельское хозяйство	—

Продолжение таблицы Б.1

Сокращенное название	Полное название	Версия	Моделирование выбросов ПГ			Масштаб модели	Тип землепользования	Веб-ссылка или контакт
			CO ₂	N ₂ O	CH ₄			
LPJmL	Lund-Potsdam-Jena Managed Land	3.0	—	—	—	Региональный, глобальный	Смешанное использование	https://www.pik-potsdam.de/en/institute/departments/activities/biosphere-water-modelling/lpjml
MACRO	MACRO	***	—	—	—	Профиль почвы	Сельское и лесное хозяйство	***
MONICA	Model of Nitrogen and Carbon in Agroecosystems	2.0	—	—	—	Участок	Сельское хозяйство	https://github.com/zalf-rpm/monica/wiki
NLEAP	Nitrate Leaching and Economic Analysis Package	4.2	—	Да	—	Участок	Сельское хозяйство	—
Nlos	NLOS Soil Nitrogen Simulation	1.0	—	—	—	Участок	Сельское хозяйство	http://www.nlos.ca
NTRM	Model Nitrogen, Tillage and Residue Management Model	***	—	—	—	Участок	Сельское хозяйство	***
Opus	Нет сведений	***	—	—	—	Участок, водосборный бассейн	Смешанное использование	https://www.ars.usda.gov/plains-area/fort-collins-co/center-for-agricultural-resources-research/water-management-and-systems-research/docs/opus/
PaSim	Pasture Simulation model	5.3	—	—	—	Участок	Пастбища	—
Roth C	Rothamsted Carbon model	RothC10N	—	—	—	Участок	Сельское и лесное хозяйство	—
RZWQM2	Root Zone Water Quality Model	4.1	—	Да	—	Профиль почвы	Сельское хозяйство	—

Окончание таблицы Б.1

Сокращенное название	Полное название	Версия	Моделирование выбросов ПГ			Масштаб модели	Тип землепользования	Веб-ссылка или контакт
			CO ₂	N ₂ O	CH ₄			
SALUS	System Approach to Land Use Sustainability	3.0	Да	—	—	Участок	Сельское хозяйство	https://nowlin.css.msu.edu/salus/overview.html
SARRAH-H	System of Agroclimatological Regional Risk Analysis	3.3	—	—	—	Участок	Сельское хозяйство	—
SPACSYS	Нет сведений	4.0	—	—	—	Участок	Сельское хозяйство	https://www.rothamsted.ac.uk/rothamsted-spacsys-model
STICS	Simulateur mulTidisciplinaire	8.3.1	—	—	—	Участок	Сельское хозяйство и пастбища	https://www6.paca.inra.fr/stics
SWAP	Soil-Water-Atmosphere-Plant	4.0.1	—	—	—	Участок	Сельское и лесное хозяйство	https://www.swap.alterra.nl/
SWAT	Soil & Water Assessment Tool	SWAT+	—	—	—	Водосбор, континент	Водораздел, речные бассейны	https://swat.tamu.edu/
SWIM	Soil and Water Integrated Model	***	—	—	—	Водосбор	Региональная оценка изменений землепользования	https://www.pik-potsdam.de/en/institute/departments/climate-resilience/models/swim
EX-ACT	FAO	Нет сведений	Да	Да	Да	Нет сведений	Нет сведений	http://www.fao.org/3/a-i8075e.pdf
Diaterre (French)	ADEME	—	—	—	—	—	—	—
CALM	UK	—	—	—	—	—	—	—
CFF	—	—	—	—	—	—	—	—
Alberta Quantification Protocol (even though withdrawn)	—	—	—	—	—	—	—	—
*** Информация отсутствует.								

24

Т а б л и ц а Б.2 — Сведения о системных требованиях и доступности агроэкосистемных моделей

Модель	Открытый доступ (Да/Нет)	Коммерческая (Да/Нет)	Системные требования	Поддержка обучения (да/нет)						Целевые пользователи
				Руководство пользователя	Прямые контакты (email, семинары и т. д.)	Видеокурсы	Учебные примеры	Наборы данных	Код на Github	
ADAPT	Да	Да	Windows, Mac или Linux	—	Да	Да	—	—	Да	Широкий круг, промышленность
ANIMO	Нет	Нет	PC/MS-DOS, SUN/UNIX, VAX/VMS	Да	Да	Да	Да	Нет	—	Исследователи
APEX	Да	—	Windows, Linux	Да	Да	—	—	—	—	Широкий круг, исследователи
APSIM	Да	Да	Windows, Mac или Linux	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Исследователи
CANDY	Да	—	—	Да	Да	Да	—	Да	—	Исследователи
CERES	Да	—	MS DOS, Windows, и Unix-системы (в т. ч. Linux)	Да	Да	Да	—	Да	—	Исследователи
COMET-FARM	Да	Да	Веб-приложение	Да	Да	Нет	Нет	Нет	—	Широкий круг, производители, управляющие с/х землями
CFT	Да	Да	Веб-приложение	Да	Да	Да	Да	Нет	—	Производители, промышленность, гос.органы
CropSyst	Да	—	MS DOS, Windows и Windows 95	Да	Да	Нет	Нет	Нет	—	Исследователи
DayCent	Да	—	—	Да	Да	Нет	Да	Да	—	Исследователи
DNDC	Да	—	Windows	Да	Да	—	Да	Да	—	Исследователи
DSSAT	Да	Да	Windows, Linux и iOS платформы	Да	Да	—	Да	Да	—	Исследователи, преподаватели, промышленность, гос.органы

Окончание таблицы Б.2

Модель	Открытый доступ (Да/Нет)	Коммерческая (Да/Нет)	Системные требования	Поддержка обучения (да/нет)						Целевые пользователи
				Руководство пользователя	Прямые контакты (email, семинары и т. д.)	Видеокурсы	Учебные примеры	Наборы данных	Код на Github	
NLEAP	Да	—	MS DOS, веб-версия	Да	—	Нет	Да	—	—	Исследователи, широкий круг, гос. органы
RZWQM2	Да	—	Windows 7 и выше	—	Да	—	Да	—	—	Исследователи, широкий круг
SALUS	—	—	Windows, Mac или DOS платформы	Да	Да	—	—	—	—	Исследователи

Приложение В (справочное)

Основные методы прямых измерений выбросов парниковых газов

По материалам ФАО¹⁾ и сайта оператора системы²⁾ ниже приведена классификация и нормативные ссылки на методы измерений выбросов ПГ.

В.1 Камерный метод (Chamber Method)

Описание: использование герметичных камер для захвата газов, выделяемых из почвы.

Процедура: камеры устанавливаются на поверхность почвы, собирая газы для дальнейшего анализа.

Методические документы: Консорциумом «РИТМ углерода»³⁾ разработаны в 2023 г. также «Методическое руководство по определению эмиссии CO₂ из почв в различных экосистемах» и «Краткая инструкция по определению эмиссии CO₂ из почв камерным методом».

В.2 Аналитические методы определения органического вещества почвы

Описание: определение содержания углерода.

Процедура: в почвенных образцах прокаливанием или фотометрическим методом определяют содержание органического вещества.

Методические документы: ГОСТ 26213 и ГОСТ 23740.

Пересчетные формулы:

$$1 \text{ т CO}_2\text{-экв.} = 3,66 \cdot 1 \text{ т C}, \quad (\text{B.1})$$

$$1 \text{ т C} = \text{гумус} / 1,724. \quad (\text{B.2})$$

В.3 Микрометеорологический метод (Eddy Covariance)

Описание: измерение турбулентных потоков газов между почвой и атмосферой с использованием микрометеорологических башен.

Процедура: непрерывное измерение потоков парниковых газов на высоте нескольких метров над поверхностью почвы.

Методические документы: [23], [24].

В.4 Непрямая открытая техника измерения

Описание: измерение разницы концентраций газа на разных высотах над поверхностью почвы.

Процедура: основывается на сравнении между источниками известного и неизвестного испарения NH₃. Сеть точечных источников в системе пластиковых трубок на поверхности выделяет аммиак с известной скоростью на стандартном участке. Пробоотборники с кислотными ловушками измеряют аммиак в воздухе над стандартными и удобренными участками.

Методические документы: методы баланса 15N, N баланса и разности N, описанные в материалах ФАО¹⁾.

1) <https://www.fao.org/4/Y2780E/y2780e04.htm#fig2>. Дата обращения: 31.08.2024 г.

2) <https://ritm-c.ru/events/conferences/>. Дата обращения: 31.08.2024 г.

3) <https://ritm-c.ru/results/monitoring-network/>. Дата обращения: 31.08.2024 г.

Приложение Г
(справочное)

**Ежегодный потенциал предотвращения изменения климата в различных климатических зонах
для вариантов смягчения воздействия, не связанных с животноводством**

В настоящем приложении приведена справочная информация из 4-го оценочного доклада МГЭИК [21].

Т а б л и ц а Г.1 — Ежегодный потенциал снижения выбросов ПГ в различных климатических зонах для вариантов смягчения воздействия, не связанных с животноводством

Климатическая зона	Деятельность	Практика, технология	CO ₂ (тСО ₂ -экв./га/год)			CH ₄ (тСО ₂ -экв./га/год)			N ₂ O (тСО ₂ -экв./га/год)			Все ПГ (тСО ₂ -экв./га/год)		
			Сред.	Мин.	Макс.	Сред.	Мин.	Макс.	Сред.	Мин.	Макс.	Сред.	Мин.	Макс.
Холодный — сухой	Пахотные земли	Агрономические мероприятия	0,29	0,07	0,51	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,20	0,39	0,07	0,71
	Пахотные земли	Повышение эффективности использования удобрений	0,26	−0,22	0,73	0,00	0,00	0,00	0,07	0,01	0,32	0,33	−0,21	1,05
	Пахотные земли	Оптимизация механической обработки почвы (в том числе технологии No-Till), сохранение пожнивных остатков	0,15	−0,48	0,77	0,00	0,00	0,00	0,02	−0,04	0,09	0,17	−0,52	0,86
	Пахотные земли	Управление водными ресурсами	1,14	−0,55	2,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14	−0,55	2,82
	Пахотные земли	Восстановление и изменение землепользования	1,61	−0,07	3,30	0,02	0,00	0,00	2,30	0,00	4,60	3,93	−0,07	7,90
	Пахотные земли	Агролесные системы	0,15	−0,48	0,77	0,00	0,00	0,00	0,02	−0,04	0,09	0,17	−0,52	0,86
	Луга	Ведение пастбищ	0,11	−0,55	0,77	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,13	−0,54	0,79
	Дегradированные земли	Восстановление	36,67	3,67	69,67	−3,32	−0,05	−15,30	0,16	0,05	0,28	33,51	3,67	54,65
	Органические почвы	Восстановление	3,45	−0,37	7,26	0,08	0,04	0,14	0,00	0,00	0,00	3,53	−0,33	7,40

Продолжение таблицы Г.1

Климатическая зона	Деятельность	Практика, технология	CO ₂ (ТСO ₂ -экв./га/год)			CH ₄ (ТСO ₂ -экв./га/год)			N ₂ O (ТСO ₂ -экв./га/год)			Все ПГ (ТСO ₂ -экв./га/год)		
			Сред.	Мин.	Макс.	Сред.	Мин.	Макс.	Сред.	Мин.	Макс.	Сред.	Мин.	Макс.
Холодный—сухой	Навоз/биоотходы	Применение	1,54	-3,19	6,27	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,17	1,30	1,54	-3,36	7,57
	Биотопливо	Только почвы	0,15	-0,48	0,77	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,04	0,09	0,17	-0,52	0,86
	Пахотные земли	Агрономические мероприятия	0,88	0,51	1,25	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,20	0,98	0,51	1,45
Холодный—влажный	Пахотные земли	Повышение эффективности использования удобрений	0,55	0,01	1,10	0,00	0,00	0,00	0,07	0,01	0,32	0,62	0,02	1,42
	Пахотные земли	Оптимизация механической обработки почвы (в том числе технологии No-Till), сохранение пожнивных остатков	0,51	0,00	1,03	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,04	0,09	0,53	-0,04	1,12
	Пахотные земли	Управление водными ресурсами	1,14	-0,55	2,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14	-0,55	2,82
	Пахотные земли	Восстановление и изменение землепользования	3,04	1,17	4,91	0,02	0,00	0,00	2,30	0,00	4,60	5,36	1,17	9,51
	Пахотные земли	Агролесные системы	0,51	0,00	1,03	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,04	0,09	0,53	-0,04	1,12
	Луга	Ведение пастбищ	0,81	0,11	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,11	1,50
	Дегра- дированные земли	Восстановление	36,67	3,67	69,67	-3,32	-0,05	-15,30	0,16	0,05	0,28	33,51	3,67	54,65
	Органиче- ские почвы	Восстановление	3,45	-0,37	7,26	1,00	0,69	1,25	0,00	0,00	0,00	4,45	0,32	8,51
	Навоз/био- отходы	Применение	2,79	-0,62	6,20	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,17	1,30	2,79	-0,79	7,50
	Биотопливо	Только почвы	0,51	0,00	1,03	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,04	0,09	0,53	-0,04	1,12

Продолжение таблицы Г.1

Климатическая зона	Деятельность	Практика, технология	CO ₂ (ТСO ₂ -экв./га/год)			CH ₄ (ТСO ₂ -экв./га/год)			N ₂ O (ТСO ₂ -экв./га/год)			Все ПГ (ТСO ₂ -экв./га/год)		
			Сред.	Мин.	Макс.	Сред.	Мин.	Макс.	Сред.	Мин.	Макс.	Сред.	Мин.	Макс.
Теплый— сухой	Пахотные земли	Агрономические мероприятия	0,29	0,07	0,51	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,20	0,39	0,07	0,71
	Пахотные земли	Повышение эффективности использования удобрений	0,26	−0,22	0,73	0,00	0,00	0,00	0,07	0,01	0,32	0,33	−0,21	1,05
	Пахотные земли	Оптимизация механической обработки почвы (в том числе технологии No-Till), сохранение пожнивных остатков	0,33	−0,73	1,39	0,00	0,00	0,00	0,02	−0,04	0,09	0,35	−0,77	1,48
	Пахотные земли	Управление водными ресурсами	1,14	−0,55	2,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14	−0,55	2,82
	Пахотные земли	Восстановление и изменение землепользования	1,61	−0,07	3,30	0,02	0,00	0,00	2,30	0,00	4,60	3,93	−0,07	7,90
	Пахотные земли	Агролесные системы	0,33	−0,73	1,39	0,00	0,00	0,00	0,02	−0,04	0,09	0,35	−0,77	1,48
	Луга	Ведение пастбищ	0,11	−0,55	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	−0,55	0,77
	Дегра- дированные земли	Восстановление	73,33	7,33	139,33	−3,32	−0,05	−15,30	0,16	0,05	0,28	70,18	7,33	124,31
	Органиче- ские почвы	Восстановление	3,45	−0,37	7,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,45	−0,37	7,26
	Навоз/ биоотходы	Применение	1,54	−3,19	6,27	0,00	0,00	0,00	0,00	−0,17	1,30	1,54	−3,36	7,57
	Биотопливо	Только почвы	0,33	−0,73	1,39	0,00	0,00	0,00	0,02	−0,04	0,09	0,35	−0,77	1,48

Окончание таблицы Г.1

Климатическая зона	Деятельность	Практика, технология	CO ₂ (тСО ₂ -экв./га/год)			CH ₄ (тСО ₂ -экв./га/год)			N ₂ O (тСО ₂ -экв./га/год)			Все ПГ (тСО ₂ -экв./га/год)		
			Сред.	Мин.	Макс.	Сред.	Мин.	Макс.	Сред.	Мин.	Макс.	Сред.	Мин.	Макс.
Теплый—влажный	Пахотные земли	Агрономические мероприятия	0,88	0,51	1,25	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,20	0,98	0,51	1,45
	Пахотные земли	Повышение эффективности использования удобрений	0,55	0,01	1,10	0,00	0,00	0,00	0,07	0,01	0,32	0,62	0,02	1,42
	Пахотные земли	Оптимизация механической обработки почвы (в том числе технологии No-Till), сохранение пожнивных остатков	0,70	-0,40	1,80	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,04	0,09	0,72	-0,44	1,89
	Пахотные земли	Управление водными ресурсами	1,14	-0,55	2,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,14	-0,55	2,82
	Пахотные земли	Восстановление и изменение землепользования	3,04	1,17	4,91	0,02	0,00	0,00	2,30	0,00	4,60	5,36	1,17	9,51
	Пахотные земли	Агролесные системы	0,70	-0,40	1,80	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,04	0,09	0,72	-0,44	1,89
	Луга	Ведение пастбищ	0,81	0,11	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81	0,11	1,50
	Дегра- дированные земли	Восстановление	73,33	7,33	139,33	-3,32	-0,05	-15,30	0,16	0,05	0,28	70,18	7,33	124,31
	Органиче- ские почвы	Восстановление	3,45	-0,37	7,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,45	-0,37	7,26
	Навоз/био- отходы	Применение	2,79	-0,62	6,20	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,17	1,30	2,79	-0,79	7,50
	Биотопливо	Только почвы	0,70	-0,40	1,80	0,00	0,00	0,00	0,02	-0,04	0,09	0,72	-0,44	1,89

Примечание — Оценки представляют собой среднее изменение запасов углерода в почве (CO_2) или выбросов N_2O и CH_4 на гектар. Положительные значения представляют собой поглощение CO_2 , что увеличивает запас углерода в почве, или сокращение выбросов N_2O и CH_4 . Оценки запасов углерода в почве (смягчение воздействия CO_2) для всех практик, кроме управления органическими почвами, были получены из около 200 исследований (см. IPCC, 2006, главы по пастбищам и пахотным землям тома IV, приложения 5А и 6А) с использованием подхода линейного смешанного моделирования, что является стандартной техникой линейной регрессии с включением случайных эффектов из-за зависимостей в данных из одной страны, участка и временного ряда (Ogle и др., 2004, 2005; IPCC, 2006; Smith и др., 2007b). Исследования проводились в различных регионах мира, но исследования в умеренных зонах были более распространены, что привело к меньшей неопределенности по сравнению с оценками для теплых тропических климатов. Оценки представляют собой ежегодную скорость изменения углерода в почве на 20-летний временной горизонт в верхних 30 см почвы. Для почв под биоэнергетическими культурами и агролесоводством потенциал смягчения воздействия достигается в основном за счет прекращения нарушения почвы, и приведены те же оценки, что и для системы земледелия без вспашки. Управление органическими почвами основывалось на выбросах в условиях осушения согласно рекомендациям IPCC (IPCC, 1997). Потенциалы сокращения выбросов CH_4 и N_2O из почвы были определены следующим образом:

1) для органических почв выбросы N_2O основывались на медианных, низких и высоких значениях факторов выбросов N_2O из органических почв с низким и высоким содержанием питательных веществ согласно IPCC GPG LULUCF (IPCC, 2003), а выбросы CH_4 основывались на низких, высоких и медианных значениях из Le Mer и Roger (2001);

2) данные по выбросам N_2O для управления питательными веществами были получены с использованием модели симуляции DAYCENT, и включают как прямые выбросы от нитрификации/денитрификации на участке, так и косвенные выбросы N_2O , связанные с летучими соединениями и вымыванием/стоком N, который преобразуется в N_2O после атмосферного осаждения или в водных путях соответственно (US-EPA, 2006b; предполагая снижение применения N до 80 % от текущего уровня);

3) данные по выбросам N_2O для управления вспашкой и остатками были получены с использованием DAYCENT (US-EPA, 2006b; данные для систем без вспашки);

4) данные по рису были взяты напрямую из US-EPA (2006b), поэтому здесь не показаны. Низкие и высокие значения представляют собой диапазон 95 % доверительного интервала. Таблица 8.4 содержит средние значения и неопределенность для изменения углерода в почве, выбросов N_2O и CH_4 в масштабах климатического региона, и не предназначена для использования в оценках на более мелких масштабах, таких как отдельные фермы.

Библиография

- [1] Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России [Текст]: экспертный доклад / под ред. А. Ю. Иванова, Н. Д. Дурманова (рук-ли авт. кол.). М. П. Орлов, К. В. Пиксендеев, Ю. Е. Ровнов и др. Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики — 2021. — 120 с.
- [2] Федеральный закон Российской Федерации от 2 июля 2021 г. № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»
- [3] Пятый экспертный доклад (AR5) Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), 2014
- [4] Федеральный закон Российской Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»
- [5] Федеральный закон Российской Федерации от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»
- [6] Федеральный закон Российской Федерации от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха»
- [7] Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ
- [8] СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий»
- [9] Романенков В. А., Мешалкина Ю. Л., Добровольская В. А., Горбачева А.Ю., Кренке А. Н. (2023). Прогноз динамики запасов углерода в почвах возделываемых земель Европейской России в контексте стратегии низкоуглеродного развития. — Известия РАН. Серия географическая, 87(4), с. 585—598
- [10] Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 27 мая 2022 г. № 371 «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов»
- [11] Суховеева О.Э. В помощь к использованию модели RothC в России: методика подготовки входной информации // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. — 2020. — № 3—4. — с.133—148
- [12] Суховеева О. Э., Карелин Д. В. (2019). Параметризация модели DNDC для оценки компонентов биогеохимического цикла углерода на европейской территории России. // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле, 64 (2), с. 363—384
- [13] Козлов Д.Н. Научный доклад «Наземный мониторинг бюджета углерода в почвах агроэкосистем Российской Федерации: от решения методических вопросов к созданию национальной сети»: <https://www.youtube.com/live/qeGsbAjTZm4>. Дата обращения: 31.08.2024 г.
- [14] Романовская А. А. Основы мониторинга антропогенных эмиссий и стоков парниковых газов (CO₂, N₂O, CH₄) в животноводстве, при сельскохозяйственном землепользовании и изменении землепользования в России: дис. на соиск. учен. степ. д-ра биол. наук: — М., 2008
- [15] Распоряжение Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 16 апреля 2015 г. № 15-р «Об утверждении методических рекомендаций по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации»
- [16] Hanuszek P., Li C., Norgaard A., Borden K., & Smukler S. (2021). Report 3: Agroecosystem Models for GHG Emissions and Co-benefits. Opportunity assessment of British Columbia's agricultural greenhouse gas reductions and carbon sinks. Report prepared for BC Ministry of Agriculture, Food and Fisheries: https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/agriculture-and-seafood/agricultural-land-and-environment/climate-action/report_3_models_for_ghg_benefits_report_2021.pdf Дата обращения: 31.08.2024 г.
- [17] Приказ Федеральной службы государственной статистики от 31 июля 2024 г. № 339 «Об утверждении форм федерального статистического наблюдения для организации федерального статистического наблюдения за сельским хозяйством и окружающей природной средой»
- [18] Федеральный закон Российской Федерации от 3 августа 2018 г. № 280-ФЗ «О производстве органической продукции и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

- [19] Федеральный закон от 11 июня 2021 г. № 159-ФЗ «О сельскохозяйственной продукции, сырье и продовольствии с улучшенными характеристиками»
- [20] ФАО 2017. Добровольные руководящие принципы рационального использования почвенных ресурсов. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. Рим, Италия
- [21] Climate Change 2007 — Mitigation of Climate Change Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC (978 0521 88011-4 Hardback; 978 0521 70598-1 Paperback)
- [22] Исследование GCI 4 Boards и АО «Деловые решения и Технологии» (<https://cgi-russia.ru/events/climate-projects-risks-and-opportunities/>)
- [23] Бурба Г.Г., Курбатова Ю.А., Куричева О.А., Авилов В.К., Малкин В.В. Метод турбулентных пульсаций. Краткое практическое руководство. — М.: ИПЭЭ им. А.Н. Северцова РАН. — 2016
- [24] Кривенко Л.А., Суворов Г.Г., Авилов В.К., Сирин А.А. Измерение потоков CO₂, CH₄, H₂O методом турбулентных пульсаций: использование мобильной установки и учет изменяющейся зоны охвата // Оптика атмосферы и океана. — 2019. — № 11. с. 942—950

УДК 502.3:006.354

ОКС 13.020.40

Ключевые слова: управление парниковыми газами, изменение климата, климатический проект, методики реализации климатических проектов, предотвращение изменения климата, методическое обеспечение климатических проектов, агроэкологические модели, карбоновое земледелие, почворесурсосберегающее земледелие, почвозащитные агротехнологии

Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 27.11.2024. Подписано в печать 10.12.2024. Формат 60×84%. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 3,86.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru