

## **ГЛАВА 5**

---

# **ВОЗДЕЛЫВАЕМЫЕ ЗЕМЛИ**

## **Авторы**

Родел Д. Ласко (Филиппины), Стефен Огле (США), Джон Рейсон (Австралия), Луи Верчо (ICRAF/США), Рейнер Вассман (Германия) и Казуюки Яги (Япония)

Сумана Бхаттачарья (Индия), Джон С. Бреннер (США), Джулиус Партсон Дака (Замбия), Серхио П. Гонсалес (Чили), Телма Крюг (Бразилия), Ю Ли (Китай), Дэниел Л. Мартино (Уругвай), Брайан Дж. МакКонки (Канада), Пит Смит (СК), Стенли К. Тайлер (США) и Вашингтон Жаката (Зимбабве)

## **Сотрудничающие авторы**

Рональд Л. Сасс (США) и Ксяююань Янь (Китай)

## Содержание

5	Возделываемые земли	
5.1	Введение.....	5.6
5.2	Возделываемые земли, остающиеся возделываемыми землями.....	5.7
5.2.1	Биомасса.....	5.7
5.2.1.1	Выбор методов.....	5.7
5.2.1.2	Выбор коэффициентов выбросов.....	5.9
5.2.1.3	Выбор данных о деятельности.....	5.11
5.2.1.4	Этапы расчетов для уровня 1 и уровня 2.....	5.12
5.2.1.5	Оценка неопределенностей.....	5.13
5.2.2	Мертвое органическое вещество.....	5.14
5.2.2.1	Выбор метода.....	5.14
5.2.2.2	Выбор коэффициентов выбросов/поглощений.....	5.15
5.2.2.3	Выбор данных о деятельности.....	5.15
5.2.2.4	Этапы расчетов для уровня 1 и уровня 2.....	5.15
5.2.2.5	Оценка неопределенностей.....	5.16
5.2.3	Почвенный углерод.....	5.16
5.2.3.1	Выбор метода.....	5.17
5.2.3.2	Выбор коэффициентов изменений запасов и выбросов.....	5.18
5.2.3.3	Выбор данных о деятельности.....	5.22
5.2.3.4	Этапы расчетов для уровня 1.....	5.24
5.2.3.5	Оценка неопределенностей.....	5.27
5.2.4	Выбросы иных, чем CO <sub>2</sub> , парниковых газов, образующиеся при сжигании биомассы.....	5.28
5.2.4.1	Выбор метода.....	5.28
5.2.4.2	Выбор коэффициентов выбросов.....	5.29
5.2.4.3	Выбор данных о деятельности.....	5.29
5.2.4.4	Оценка неопределенностей.....	5.30
5.3	Земли, переустроенные в возделываемые земли.....	5.30
5.3.1	Биомасса.....	5.30
5.3.1.1	Выбор методов.....	5.30
5.3.1.2	Выбор коэффициентов выбросов/поглощений.....	5.33
5.3.1.3	Выбор данных о деятельности.....	5.35
5.3.1.4	Этапы расчетов для уровня 1 и уровня 2.....	5.35
5.3.1.5	Оценка неопределенностей.....	5.36
5.3.2	Мертвое органическое вещество.....	5.37
5.3.2.1	Выбор метода.....	5.37
5.3.2.2	Выбор коэффициентов выбросов/поглощений.....	5.39

5.3.2.3	Выбор данных о деятельности .....	5.39
5.3.2.4	Этапы расчетов для уровня 1 и уровня 2.....	5.40
5.3.2.5	Оценка неопределенностей .....	5.42
5.3.3	Почвенный углерод.....	5.42
5.3.3.1	Выбор метода.....	5.43
5.3.3.2	Выбор коэффициентов изменений запасов и выбросов.....	5.44
5.3.3.3	Выбор данных о деятельности .....	5.45
5.3.3.4	Этапы расчетов для уровня 1 .....	5.46
5.3.3.5	Оценка неопределенностей .....	5.47
5.3.4	Выбросы иных, чем CO <sub>2</sub> , парниковых газов, образующиеся при сжигании биомассы .....	5.47
5.3.4.1	Выбор метода.....	5.48
5.3.4.2	Выбор коэффициентов выбросов.....	5.48
5.3.4.3	Выбор данных о деятельности .....	5.48
5.3.4.4	Оценка неопределенностей .....	5.49
5.4	Полнота, временные ряды, ОК/КК и подготовка отчетности.....	5.50
5.4.1	Полнота .....	5.50
5.4.2	Формирование согласованного временного ряда.....	5.51
5.4.3	Обеспечение качества и контроль качества.....	5.51
5.4.4	Отчетность и документация .....	5.52
5.5	Выбросы метана в результате выращивания риса.....	5.54
5.5.1	Выбор метода.....	5.54
5.5.2	Выбор коэффициентов выбросов и масштабирования .....	5.58
5.5.3	Выбор данных о деятельности .....	5.61
5.5.4	Оценка неопределенностей .....	5.62
5.5.5	Полнота, временные ряды, ОК/КК и подготовка отчетности .....	5.63
Приложение 5А.1	Оценка коэффициентов изменений запасов по умолчанию для выбросов/ поглощений углерода применительно к минеральным почвам на возделываемых землях .....	5.65
Ссылки .....		5.66

## Уравнения

Уравнение 5.1	Выбросы метана в результате выращивания риса.....	5.54
Уравнение 5.2	Скорректированный суточный коэффициент выбросов.....	5.56
Уравнение 5.3	Скорректированные коэффициенты масштабирования выбросов CH <sub>4</sub> для органических удобрений.....	5.60

## Рисунки

Рисунок 5.1	Схема классификации для систем возделываемых земель.....	5.25
Рисунок 5.2	Схема принятия решений для выбросов CH <sub>4</sub> в результате выращивания риса .....	5.57

## Таблицы

Таблица 5.1	Коэффициенты по умолчанию для надземной древесной биомассы и циклы уборки в системах земледелия с выращиванием многолетних культур .....	5.10
Таблица 5.2	Потенциальные возможности накопления углерода системами агромелиорации в различных экорегионах мира .....	5.10
Таблица 5.3	Надземная биомасса по умолчанию для возделываемых земель с выращиванием различных типов многолетних культур (тонны/га).....	5.10
Таблица 5.4	Примеры подкатегорий возделываемых земель с многолетними культурами.....	5.11
Таблица 5.5	Относительные коэффициенты изменения запасов ( $F_{LU}$ , $F_{MG}$ и $F_1$ ) (за 20 лет) для различных видов деятельности по управлению на возделываемых землях .....	5.20
Таблица 5.6	Годовые коэффициенты выбросов (EF) для обрабатываемых органических почв.....	5.22
Таблица 5.7	Пример простой матрицы возмущений (уровень 2) для воздействий деятельности по переустройству земель на резервуары углерода .....	5.32
Таблица 5.8	Запасы углерода по умолчанию в биомассе, удаленной вследствие переустройства земель в возделываемые земли .....	5.33
Таблица 5.9	Запасы углерода по умолчанию в биомассе, присутствующей на землях, переустроенных в возделываемые земли, в год, последующий за переустройством ...	5.34
Таблица 5.10	Коэффициенты изменений запасов в почве ( $F_{LU}$ , $F_{MG}$ , $F_1$ ) для переустройства землепользования в возделываемые земли .....	5.44
Таблица 5.11	Базовый коэффициент выбросов CH <sub>4</sub> по умолчанию при отсутствии затопления менее, чем за 180 дней до выращивания риса, и непрерывного затопления в течение периода выращивания риса без органических удобрений .....	5.58
Таблица 5.12	Коэффициенты масштабирования выбросов CH <sub>4</sub> по умолчанию для водных режимов в течение периода культивирования в отношении непрерывно затопляемых полей.....	5.59
Таблица 5.13	Коэффициенты масштабирования выбросов CH <sub>4</sub> по умолчанию для водных режимов перед периодом выращивания риса.....	5.60
Таблица 5.14	Коэффициент перевода по умолчанию для различных типов органического удобрения.....	5.61

## Блоки

Блок 5.1	Резервуары углерода, соответствующие возделываемым землям.....	5.7
Блок 5.2	Условия, влияющие на выбросы метана в результате выращивания риса .....	5.55

## 5 ВОЗДЕЛЫВАЕМЫЕ ЗЕМЛИ

### 5.1 ВВЕДЕНИЕ

В настоящем разделе представлена уровневая методология для оценки выбросов парниковых газов из возделываемых земель и составления соответствующей отчетности. Возделываемые земли включают пахотопригодные и пахотные земли, рисовые поля и системы агролесомелиорации, в которых показатели растительной структуры находятся ниже пороговых критериев, используемых для категории лесных площадей, и предполагается, что эти пороговые значения не будут превышены и в дальнейшем. Возделываемые земли включают земли под всеми однолетними и многолетними сельскохозяйственными культурами, так же как и земли, находящиеся временно под паром (т.е., земли, оставленные на отдых на один год или на несколько лет перед последующей обработкой). Однолетние культуры включают зерновые, масличные, овощи, корнеплоды и кормовые культуры. Многолетние культуры включают деревья и кусты, в сочетании с травяными культурами (например, агролесомелиорация) или фруктовые сады, виноградники и плантации, например, деревьев какао, кофейных деревьев, чайных кустов, масличных пальм, кокосовых пальм, каучуконосов и бананов, за исключением случаев, когда эти земли удовлетворяют критериям для отнесения их к категории лесных площадей. В категорию возделываемых земель входят и пахотопригодные земли, которые обычно используются для возделывания однолетних культур, но которые временно используются для кормовых культур или выпаса скота в качестве части ежегодного чередования севооборота / пастбищного оборота (смешанная система).

Количество углерода, накапливающегося в постоянно возделываемых землях, и высвобождаемого ими или изымаемого от них, зависит от вида сельскохозяйственной культуры, практики управления и переменных параметров почвы и климата. Например, сбор урожая однолетних культур (например, зерновых, овощей) происходит каждый год, поэтому нет никакого долгосрочного хранения углерода в биомассе. Однако многолетняя деревянистая растительность во фруктовых садах, виноградниках и системах агролесомелиорации может хранить значительное количество углерода в долгоживущей биомассе; при этом количество углерода зависит от видов и сортов растений, их плотности, скорости роста и практики обрезки ветвей и сбора урожая. Запасы углерода в почвах могут быть значительными, и изменения в запасах могут происходить в зависимости от свойств почвы и практики управления, в том числе в зависимости от видов культур и их чередования, обработки почвы, дренажа, обращения с отходами и использования органических удобрений. Сжигание пожнивных отходов приводит к выделению значительных количеств иных, чем  $\text{CO}_2$ , парниковых газов, и в данном документе представлены соответствующие методы расчета.

Вследствие различия в динамике углерода для *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями* (СС), и *земель, переустроенных в возделываемые земли* (LC), для них предусматриваются отдельные руководящие указания. Переустройство землепользований от лесных площадей, пастбищных и водно-болотных угодий к возделываемым землям приводит, как правило, к результирующей потере углерода и  $\text{N}_2\text{O}$  из биомассы и почв в атмосферу. Однако создание возделываемых земель на территориях с очень редкой растительностью или на сильно нарушенных землях (например, после открытых горных разработок) может привести к результирующему приросту углерода в биомассе и почве. Некоторые изменения, особенно те, которые связаны с почвенным углеродом, могут длиться дольше одного года. Настоящие руководящие указания относятся к резервуарам углерода, показанным в блоке 5.1.

Понятие «переустройство землепользования» относится только к землям, переходящим из одного вида использования в другой. В случаях, когда на существующих возделываемых землях, используемых для выращивания многолетних культур, высаживаются те же самые или другие культуры, эти земли остаются «возделываемыми землями», соответственно изменение запасов углерода следует оценивать, используя методы для *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями*, как это описано в разделе 5.2 ниже.

**Блок 5.1**  
**РЕЗЕРВУАРЫ УГЛЕРОДА, СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫМ ЗЕМЛЯМ**

Биомасса

- Надземная биомасса
- Подземная биомасса

Мертвое органическое вещество

- Валежная древесина
- Подстилка

Почвы (органическое вещество почв)

*Руководящие принципы МГЭИК 2006 г.* отличаются от *Руководящих принципов МГЭИК 1996 г.* следующими нововведениями:

- полностью новый раздел, посвященный возделываемым землям;
- углерод биомассы и углерод почв рассматриваются в одном и том же разделе;
- выбросы метана в результате выращивания риса включены в категорию возделываемых земель;
- выбросы иных, чем CO<sub>2</sub>, газов от сжигания биомассы (*возделываемые земли, остающиеся возделываемыми землями, и земли, переустроенные в возделываемые земли*) также включены в главу о возделываемых землях; и
- предоставлены значения по умолчанию для биомассы на возделываемых землях и в зонах агролесомелиорации.

## 5.2 ВОЗДЕЛЫВАЕМЫЕ ЗЕМЛИ, ОСТАЮЩИЕСЯ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫМИ ЗЕМЛЯМИ

В данном разделе представлены руководящие принципы по инвентаризации парниковых газов для возделываемых земель, которые не подвергались каким-либо переустройствам землепользования, по крайней мере, в течение 20-летнего периода (по умолчанию)<sup>1</sup>. В разделе 5.3 представлены руководящие принципы по *землям, переустроенным в возделываемые земли* позднее указанного выше срока. Годовые выбросы и поглощения парниковых газов для *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями*, включают в себя:

- Оценки годового изменения запасов углерода для всех резервуаров и источников углерода; и
- Оценки годового выброса иных, чем CO<sub>2</sub>, газов от всех резервуаров и источников.

Изменения в запасах углерода на *возделываемых землях, остающихся возделываемыми землями*, оцениваются с помощью уравнения 2.3.

### 5.2.1 Биомасса

#### 5.2.1.1 ВЫБОР МЕТОДОВ

Углерод может накапливаться в биомассе возделываемых земель, которые содержат многолетнюю древеснистую растительность, включая (но не ограничиваясь этим) монокультуры, такие как плантации кофе, масличной пальмы, кокосового ореха, каучуковых деревьев, посадки фруктовых и ореховых садов, и поликультуры, такие как системы агролесомелиорации. В разделе 2.2.1 главы 2 представлена методология по умолчанию для оценки изменений запасов углерода в древесной биомассе. В данном разделе эта методология конкретизирована в отношении оценки изменений запасов углерода в биомассе на *возделываемых землях, остающихся возделываемыми землями*.

<sup>1</sup> Страны, использующие методы более высоких уровней, могут использовать различные временные периоды в зависимости от продолжительности времени, необходимого для того, чтобы запасы углерода пришли в равновесие после изменения землепользования.

Изменения в биомассе оцениваются только для многолетних древесных культур. Для однолетних культур возрастание в запасах биомассы за один только год принимается равным потерям биомассы от заготовок и гибели в этот же год. Таким образом, результирующего накопления запасов углерода биомассы не существует.

Изменения в запасах углерода биомассы на возделываемых землях ( $\Delta C_{CCB}$ ) могут быть оценены на основании следующих данных: а) годовые показатели поступлений и потерь биомассы (уравнение 2.7, глава 2) или б) запасы углерода в два момента времени (уравнение 2.8, глава 2). Первый подход (метод поступлений-потерь) предоставляет метод уровня 1 по умолчанию и может также использоваться на уровне 2 или 3 с доработками, описанными ниже. Второй подход (метод разности запасов) применяется либо на уровне 2, либо на уровне 3, но не на уровне 1. *Эффективная практика* заключается в совершенствовании кадастров путем использования наивысшего подходящего уровня с учетом данных национальных условий. *Эффективная практика* для стран состоит в использовании метода уровня 2 или уровня 3, если выбросы и поглощения углерода *возделываемыми землями, остающимися возделываемыми землями*, являются ключевой категорией, и если подкатегория биомассы считается значительной. *Эффективная практика* для стран предполагает использование схемы принятия решения на рисунке 2.2 в главе 2 для определения подходящего уровня для оценки изменений в запасах углерода в биомассе.

### Уровень 1

Метод по умолчанию состоит в том, чтобы умножить площадь возделываемой земли под многолетними древесными культурами на результирующую оценку накопления биомассы в результате роста и вычесть потери, связанные с уборкой или сбором, или возмущением (в соответствии с уравнением 2.7 в главе 2). Потери оцениваются путем умножения величины запасов углерода на площадь возделываемых земель, на которых производится уборка многолетних древесных культур.

Допущениями уровня 1 по умолчанию являются: весь углерод в удаленной биомассе многолетних древесных культур (например, биомасса удалена при расчистке и посажена другая культура) высвобождается в год удаления; и многолетние древесные культуры накапливают углерод за срок, равный по времени номинальному циклу урожая/созревания. Последнее допущение предполагает, что многолетние древесные культуры накапливают биомассу за определенный период, пока они не будут удалены путем уборки или пока они не достигнут устойчивого состояния, при котором не существует результирующего накопления углерода в биомассе вследствие того, что темпы роста замедлились, а поступления в результате роста уравниваются потерями от естественной гибели, обрезки ветвей или других потерь.

На уровне 1 показанные в таблице 5.1 коэффициенты по умолчанию применяются к полученным по стране оценкам земельных площадей.

### Уровень 2

Для оценки изменений в биомассе на уровне 2 могут использоваться следующие два метода. Метод 1 (называемый также **методом поступлений-потерь**) требует вычитания потерь углерода в биомассе из приращения углерода в биомассе за отчетный год (уравнение 2.7, глава 2). Метод 2 (называемый также **методом разности запасов**) требует инвентаризации запаса углерода в биомассе на заданной территории землепользования в два разных момента времени (уравнение 2.8, глава 2).

Оценка уровня 2, наоборот, обычно представляет оценки крупных видов древесных культур по климатическим зонам, используя темпы накопления углерода по конкретной стране и потери запасов, где это возможно, или оценки по конкретной стране запасов углерода в два разных момента времени. На уровне 2 изменения запасов углерода оцениваются для наземной и подземной биомассы многолетней древесной растительности. Методы уровня 2 включают в себя конкретные по стране или региону оценки запасов биомассы с разбиением по основным типам возделываемых земель и системам управления, а также оценки изменения запасов в зависимости от основной системы управления (например, доминантной культуры, управления урожайностью). *Эффективная практика* заключается в том, чтобы по возможности учитывать изменения в биомассе многолетних культур или деревьев, используя конкретные по стране или региону данные. При отсутствии указанных данных могут использоваться соответствующие данные по умолчанию.

### Уровень 3

Оценка уровня 3 использует сильно детализированный подход уровня 2 или метод по конкретной стране, связанный с моделированием процессов и/или подробными измерениями. Уровень 3 предназначен для систем кадастров, использующих статистически обоснованные данные о запасах углерода во времени и/или модели процессов, с разбивкой по климату, типу возделываемых земель и режиму управления. Например, проверенные модели роста конкретных видов растительности, которые учитывают влияние видов практики управления, таких как уборка урожая и внесение удобрений, с соответствующими

данными о деятельности в рамках управления, можно использовать для оценки итоговых изменений в запасах углерода в биомассе возделываемых земель в ходе времени. Для оценки изменений запасов и экстраполяции результатов на всю территорию возделываемых земель, как и на уровне 2, могут быть использованы модели, возможно, в сочетании с измерениями, аналогичными тем, которые используются в лесных кадастрах.

Ключевым критерием при выборе надлежащих моделей является то, что они должны быть способны представлять все виды практики управления, которые представлены в данных о деятельности. Важно, чтобы модель проверялась в сопоставлении с независимыми наблюдениями на полевых участках конкретной страны или региона, которые являются репрезентативными для разных видов климата, почв и систем управления возделываемыми землями в стране.

### 5.2.1.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

Для определения коэффициентов выбросов и поглощений, требуемых для оценки изменений в запасах углерода, необходимы данные а) темпов годового накопления или прироста биомассы и б) коэффициентов потерь биомассы, которые зависят от таких видов деятельности как изъятие (заготовка), сбор топливной древесины и возмущения.

#### *Коэффициент прироста надземной биомассы*

##### **Уровень 1**

В таблицах 5.1 – 5.3 представлены оценки запасов биомассы и показателей прироста биомассы, а также данные потерь биомассы для основных климатических регионов и сельскохозяйственных систем. Тем не менее, учитывая большое разнообразие систем земледелия, включающих деревья и древесностебельные культуры, *эффективная практика* заключается в использовании национальных данных по показателю прироста надземной древесной биомассы.

##### **Уровень 2**

Данные по показателям годового прироста древесной биомассы на более подробном, разукрупненном уровне могут быть получены на основе источников национальных данных для различных систем земледелия и агроландшафта. Необходимо оценить темпы изменений показателей годового прироста древесной биомассы в зависимости от изменений в конкретных видах управления/деятельности в области землепользования (например, внесение удобрений, уборка урожая, прореживание). Результаты полевых исследований следует сравнивать с оценками прироста биомассы из других источников для проверки факта их нахождения в рамках задокументированных диапазонов. При выведении оценочных значений темпов накопления биомассы важное значение имеет признание того, что изменение темпов прироста биомассы происходит главным образом в течение первых 20 лет после изменений в управлении, после чего эти темпы прироста стремятся стабилизироваться на новом уровне, на котором изменения прироста биомассы либо отсутствуют, либо малы, пока не произойдут какие-либо дальнейшие изменения в условиях управления.

##### **Уровень 3**

На уровне 3 необходимы разукрупненные данные коэффициентов накопления биомассы. Сюда может входить классификация видов по конкретным моделям роста, которые учитывают влияние управления, например, уборки урожая и внесения удобрений. Необходимо также измерение параметров надземной биомассы аналогично лесному кадастру, в рамках которого проводится периодическое измерение накопления надземной биомассы.

#### *Накопление подземной биомассы*

##### **Уровень 1**

По умолчанию предполагается отсутствие изменений в подземной биомассе многолетних деревьев, выращиваемых в сельскохозяйственных системах. Значения по умолчанию для подземной биомассы в сельскохозяйственных системах недоступны.

##### **Уровень 2**

Включает в себя использование данных фактических измерений подземной биомассы для многолетней древесностебельной растительности. Для расчетов на уровне 2 рекомендуется оценка накопления подземной биомассы. Соотношение массы корней и побегов меняется в широком диапазоне значений как для отдельных видов (например, Anderson *et al.*, 1972), так и в масштабах сообщества (например, Jackson *et al.*, 1996; Cairns *et al.*, 1997). В связи с ограниченным объемом имеющихся данных для подземной биомассы следует использовать, насколько это возможно, полученные эмпирическим путем соотношения массы корней и побегов по конкретному региону или типу растительности.

Климатический регион	Запасы углерода в надземной биомассе при уборке (тонны С / га)	Цикл уборки/ спелости (годы)	Темпы накопления биомассы (G) (тонны С / га x год)	Потери углерода биомассы (L) (тонны С / га x год)	Диапазон ошибки <sup>1</sup>
Умеренный пояс (все режимы влажности)	63	30	2.1	63	± 75%
Тропический, сухой	9	5	1.8	9	± 75%
Тропический, увлажненный	21	8	2.6	21	± 75%
Тропический, влажный	50	5	10.0	50	± 75%

Примечание: Значения получены по литературным данным съемок и синтеза, опубликованным Schroeder (1994).

<sup>1</sup> Представляет номинальную оценку ошибки, эквивалентную двум среднеквадратическим отклонениям, в виде процентной доли от среднего значения.

Регион	Экорегион	Система	Надземная биомасса (тонны/га)	Диапазон (тонны/га)
Африка	Влажные тропические горы	Агроресоводческая	41,0	29 - 53
Южн. Америка	Влажные тропические низины	Агроресоводческая	70,5	39 - 102
Южн. Америка	Сухие низины	Агроресоводческая	117,0	39 - 195
Ю-В. Азия	Влажный тропический	Агроресоводческая	120,0	12 - 228
Ю-В. Азия	Сухие низины	Агроресоводческая	75,0	68 - 81
Австралия	Влажный тропический	Лесопастбищная	39,5	28 - 51
Сев. Америка	Влажные тропические горы	Лесопастбищная	143,5	133 - 154
Сев. Америка	Влажные тропические низины	Лесопастбищная	151,0	104 - 198
Сев. Америка	Сухие низины	Лесопастбищная	132,5	90 - 175
Сев. Азия	Влажные тропические низины	Лесопастбищная	16,5	15 - 18

Источник: Albrecht and Kandji, 2003

Тип возделываемых культур	Регион	Надземная биомасса	Диапазон	Ошибка	Ссылки
Масличная пальма	Ю-В. Азия	136,0	62 - 202	78	
Взрослый каучуконос	Ю-В. Азия	178,0		90	Palm <i>et al.</i> , 1999
Молодой каучуконос	Ю-В. Азия	48,0	16 - 80		Wasrin <i>et al.</i> , 2000
Молодая корица (7 лет)	Ю-В. Азия	68,0		47	Siregar & Gintings, 2000
Кокосовый орех	Ю-В. Азия	196,0			Lasco <i>et al.</i> , 2002
<b>Улучшенный пар</b>					
2-летний пар	В. Африка	35,0	27 - 44	40	Albrecht and Kandji, 2003
Однолетний пар	В. Африка	12,0	7 - 21	89	Albrecht and Kandji, 2003
6-летний пар (усредн.)	Ю-В. Азия	16,0	4 - 64		Lasco and Suson, 1999
Междурядные культуры	Ю-В. Азия	2,9	1,5 - 4,5	105	Lasco <i>et al.</i> , 2001
<b>Многоярусная система</b>					
Джунгли-каучуконосы	Ю-В. Азия	304,0		17	Tomich <i>et al.</i> , 1998
Гмелина-какао	Ю-В. Азия	116,0		53	Lasco <i>et al.</i> , 2001

**Уровень 3**

Включает в себя использование данных полевых исследований, аналогичных лесным кадастрам и исследованиям на моделях, если принят метод разности запасов.

**Потери биомассы в результате изъятий, сбора топливной древесины и возмущений****Уровень 1**

По умолчанию принимается, что все потери биомассы испускаются в тот же год. Данные изъятий биомассы, сбора топливной древесины и связанных с возмущениями потерь недоступны. ФАО предоставляет данные суммарного потребления круглых лесоматериалов и топливной древесины, но эти данные не разделены по источникам (например, по возделываемым землям, лесным площадям и т.д.). Известно, что мировая статистика по топливной древесине весьма скудная и сомнительная. Статистика по умолчанию для изъятий и сбора топливной древесины (обсуждается в разделе 4.2 главы 4) может включать биомассу с возделываемых земель, как например, заготовка дров с приусадебных садов. При этом необходимо исключить двойной учет потерь. При отсутствии данных по источникам круглых лесоматериалов или топливной древесине с возделываемых земель используется подход по умолчанию, учитывающий потери на лесных площадях (раздел 4.2) и исключающий потери с возделываемых земель.

**Уровни 2 и 3**

Для оценки потерь биомассы могут быть использованы более подробные данные национального уровня, основанные на инвентаризационных исследованиях или изучении производства и потребления с разделением по различным источникам, включая сельскохозяйственные системы. Эти данные можно получить благодаря ряду методов, включая оценку плотности деревянистой растительности (сомкнутость кроны) по данным аэрофотосъемки (или же спутниковым снимкам высокого разрешения) и наземным измерениям участков. Видовой состав, плотность и соотношение надземной и подземной биомассы могут значительным образом варьироваться для разных типов возделываемых земель и условий, и поэтому наиболее эффективным способом, возможно, является разбивка участков, на которых проводятся выборки и съемки, по типам возделываемых земель. Общие указания по методам съемки и отбора проб для кадастров биомассы приведены в приложении 3А.3 главы 3.

**5.2.1.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Данные о деятельности в настоящем разделе касаются оценок земельных площадей с древостоем и убранных земель с многолетними деревянистыми культурами. Данные площадей оцениваются с использованием подходов, описанных в главе 3. Эти площади должны рассматриваться как страты/слои в рамках суммарной территории возделываемых земель (для обеспечения согласованности данных землепользования) и должны быть разбиты в зависимости от используемого уровня и наличия коэффициентов прироста и потерь. Примеры подкатегорий возделываемых земель приводятся в таблице 5.4.

<b>ТАБЛИЦА 5.4</b>	
<b>ПРИМЕРЫ ПОДКАТЕГОРИЙ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ С МНОГОЛЕТНИМИ КУЛЬТУРАМИ</b>	
<b>Широкая подкатегория</b>	<b>Конкретные подкатегории</b>
Фруктовые сады	Манго, цитрусовые, яблоны
Плантационные культуры	Каучуконосы, кокосовый орех, масличная пальма, кофе, какао
Системы агролесомелиорации	Междурядные культуры, улучшенные пары, многоярусные системы, приусадебные сады, разделительные посадки, ветрозащитные лесополосы

**Уровень 1**

При уровне 1 годовые или периодические съемки используются в связи с подходами, изложенными в главе 3, для оценки среднегодовой площади, заложенной под многолетние деревянистые культуры, и среднегодовой площади собранных в качестве урожая или удаленных многолетних деревянистых культур. Эти оценки площади далее подразделяются по типичным климатическим регионам или типам почв для обеспечения соответствия значениям поступлений и потерь биомассы по умолчанию. При расчетах уровня 1 для оценки площади земли с многолетними деревянистыми культурами можно использовать международные статистические данные, такие как базы данных ФАО и другие источники.

**Уровень 2**

На уровне 2 для оценки площадей земли под различными классами многолетних древесных культур используются более подробные результаты годовых или периодических съемок. Далее площади классифицируются в соответствующие подкатегории таким образом, чтобы все основные сочетания типов многолетних древесных культур и климатических регионов были бы представлены оценками соответствующей площади. Эти оценки площади должны соответствовать любым значениям приращения и потери углерода биомассы по конкретной стране, полученным для метода уровня 2. В случае, если данные более подробного разрешения по конкретной стране имеются только частично, странам рекомендуется экстраполировать данные на всю базу земель под многолетними древесными культурами, используя обоснованные допущения на основе самых достоверных имеющихся данных.

**Уровень 3**

Для уровня 3 требуются данные о деятельности высокого разрешения, с детализацией от субнационального масштаба до масштаба мелкой сетки. Аналогично уровню 2 земельная площадь классифицируется на конкретные типы многолетних древесных культур по основным климатическим и почвенным категориям и другим потенциально важным региональным переменным (например, региональные схемы практики управления). Более того, *эффективная практика* заключается в связывании пространственно определенных оценок площадей с местными оценками темпов приращения и потерь биомассы и практикой управления для улучшения точности оценок.

**5.2.1.4 ЭТАПЫ РАСЧЕТОВ ДЛЯ УРОВНЯ 1 И УРОВНЯ 2**

*Ниже приводится краткое перечисление действий для оценки изменения запасов углерода в биомассе возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями, ( $\Delta C_B$ ) с использованием методов уровней 1 и 2*

Пользуясь рабочими формулярами для возделываемых земель (см. приложение 1 (Рабочие формуляры СХЛХДВЗ)), рассчитать изменение запасов углерода биомассы для *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями*:

**Этап 1: Ввести подкатегории возделываемых земель для отчетного года**

Обычно в стране имеются различные типы возделываемых земель с древесным многолетним покровом с различными запасами и приращениями биомассы. Например: фруктовые сады (например, манго, цитрусовые), сельскохозяйственные плантации (например, кокосового ореха, каучуконосов) и агролесомелиоративные хозяйства.

**Этап 2: Для каждой подкатегории ввести годовую площадь возделываемых земель с древесной многолетней биомассой**

Площадь (А) в гектарах каждой подкатегории возделываемых земель может быть получена от национальных органов по землепользованию, министерства сельского хозяйства и министерства природных ресурсов. Возможные источники данных включают: спутниковые изображения, аэрофотоснимки и наземную съемку, а также базу данных ФАО.

**Этап 3: Для каждой подкатегории ввести среднегодовые запасы углерода в накоплениях (в тоннах С /год) древесной биомассы многолетних культур**

Данные годовых темпов роста ( $\Delta C_G$ ) для каждой подкатегории возделываемых земель, полученные на основе приведенных в таблице 5.1 данных темпов накопления биомассы G, вводятся в соответствующий столбец рабочих формуляров.

**Этап 4: Для каждой подкатегории ввести годовые запасы углерода в потерях биомассы (в тоннах С /га x год)**

При сборе урожая количество запасов углерода заготовленной биомассы ( $\Delta C_L$ ) вводится в соответствующий столбец. Оно может быть оценено умножением приведенных в таблице 5.3 значений по умолчанию древесной надземной биомассы для различных возделываемых земель на плотность углерода по умолчанию 0,5 тонн С /тону биомассы.

**Этап 5: Рассчитать годовое изменение в запасах углерода в биомассе для каждой подкатегории**

Годовое изменение запасов углерода в биомассе ( $\Delta C_B$ ) рассчитывается с помощью уравнения 2.7 в главе 2.

**Этап 6: Рассчитать суммарное изменение в запасах углерода ( $\Delta C_B$ ) путем сложения всех значений оценок подкатегорий.**

**Пример 1:** В год составления кадастра в тропическом увлажненном климате возделывается 90000 га многолетних деревянистых культур, в то время как на 10000 га производится заготовка. Площади незрелых многолетних деревянистых культур накапливают углерод со скоростью примерно 2,6 тонн наземного С / га x год. Площадь, с которой убран урожай, теряет весь углерод в запасах биомассы в год изъятия. Потери запасов углерода по умолчанию для возделываемой в тропическом увлажненном климате многолетней деревянистой культуры составляют 21 тонну С / га x год. Из этих результатов ежегодно по оценкам накапливаются 234000 тонн С и теряются 210000 тонн С. С помощью уравнения 2.7 в главе 2 рассчитывается итоговое изменение в запасах (надземных) углерода в тропическом увлажненном климате, составляющее 24000 тонн С/год.

### 5.2.1.5 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

В нижеследующем рассмотрении представляются указания по подходам для оценки неопределенностей, связанных с оценками углерода биомассы для каждого метода уровня.

#### Уровень 1

К источникам неопределенности при использовании метода уровня 1 относятся степень точности в оценках площадей земли (см. главу 3) и в данных по умолчанию приращения углерода биомассы и темпов потерь. Неопределенность для оценок площади под различными системами земледелия представляется низкой (<10%), так как большинство стран ежегодно оценивают возделываемую площадь, используя надежные методы. Для получения данных по умолчанию, представленных в таблице 5.1, использовался опубликованный сборник результатов научных исследований по запасам углерода в системах агролесомелиорации (Schroeder, 1994). Хотя данные по умолчанию получены на основе многочисленных исследований, связанные с ними диапазоны неопределенности не включены в эту публикацию. Поэтому, основываясь на заключении экспертов, в этом случае приписан уровень неопределенностей по умолчанию в +75% значения параметра. Эта информация может использоваться с мерой неопределенности в оценках площадей из главы 3 настоящей работы для оценки неопределенности в оценках выбросов и поглощений углерода для биомассы возделываемых земель с использованием методологии уровня 1. Руководящие указания по анализу неопределенностей приводятся в главе 3 тома 1.

#### Уровень 2

Метод уровня 2 позволяет снизить общую неопределенность, поскольку определенные по конкретным странам значения коэффициентов выбросов и поглощений должны обеспечивать более точные оценки приращения и потерь углерода для систем земледелия и климатических регионов в рамках национальных границ. *Эффективная практика* состоит в подсчете оценок погрешностей (т.е. среднеквадратическое отклонение, среднеквадратическая ошибка или диапазоны) для темпов приращения углерода по конкретным странам и в использовании этих переменных в базовой оценке неопределенности. *Эффективная практика* для стран заключается в оценке диапазонов ошибок в коэффициентах по конкретным странам и сравнении этих диапазонов с диапазонами ошибок коэффициентов накопления углерода по умолчанию. Если значения по конкретным странам имеют равные или более широкие диапазоны ошибки по сравнению с коэффициентами по умолчанию, то *эффективная практика* состоит в использовании подхода уровня 1 и в дальнейшей доработке значений по конкретным странам с использованием большего количества полевых измерений.

Подходы уровня 2 также можно использовать с данными о деятельности более точного разрешения, такими как оценки площадей для различных климатических регионов или для конкретных систем земледелия в рамках национальных границ. Данные более точного разрешения позволят еще больше снизить уровни неопределенности, которые связаны с коэффициентами приращения углерода биомассы, определенными для баз земли более точного масштаба (например, когда площадь посадок кофе умножается на коэффициент посадок кофе, а не на общий коэффициент агролесомелиорации по умолчанию).

#### Уровень 3

Подходы уровня 3 представляют более высокий уровень определенности по сравнению с подходами уровней 1 и 2. *Эффективная практика* состоит в расчете среднеквадратических отклонений, среднеквадратических ошибок или диапазонов для всех значений приращений или потерь биомассы, определенных страной. *Эффективная практика* для стран состоит также в разработке функций

плотности вероятностей для параметров моделей с тем, чтобы использовать их в моделированиях по методу Монте-Карло. Неопределенность для систем земледелия, в частности, в отношении оценок площадей, ожидается более низкой или отсутствует.

## 5.2.2 Мертвое органическое вещество

В данном разделе представлены методы оценки изменений запасов углерода, связанных с резервуарами мертвого органического вещества, для *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями* (СС). Рассмотрены методы для двух типов резервуаров мертвого органического вещества: 1) валежная древесина и 2) подстилка. В главе 1 настоящего доклада представлены подробные определения этих резервуаров.

Валежная древесина - это разнотипный резервуар углерода, с которым связано много практических проблем как в смысле измерения в полевых условиях, так и в смысле неопределенностей в показателях переноса в подстилку, почву, а также в выбросах в атмосферу. Содержание углерода в валежной древесине сильно варьирует для имеющихся на территории насаждений. Количество валежной древесины зависит от времени последнего возмущения, количества поступления (гибели) во время возмущения, коэффициентов естественной гибели, скорости разложения и управления.

Накопление подстилки - это функция годового количества опавшей листвы, в которую входят все листья, побеги и небольшие ветви, сено, плоды, цветы и кора, за минусом годового темпа разложения. На массу подстилки оказывает влияние также время, прошедшее с момента последнего возмущения, и тип возмущения. Хозяйственная деятельность, такая как заготовка древесины и сена, сжигание и выпас, сильно изменяет свойства подстилки, однако имеется лишь несколько исследований, в которых ясно указывается влияние хозяйственной деятельности на запас углерода в подстилке.

В общем случае валежная древесина, остатки растений и подстилка на возделываемых землях имеются лишь в небольших количествах или отсутствуют, исключая системы агролесомелиорации, которые могут учитываться либо в составе возделываемых земель, либо в составе лесных площадей в зависимости от принятых в стране определений по отчетности.

### 5.2.2.1 ВЫБОР МЕТОДА

Схема принятия решений на рисунке 2.3 (глава 2) способствует выбору подходящего уровня для осуществления процедур оценки. Для описания изменений в запасах углерода в МОВ требуются оценки изменений в запасах для валежной древесины и подстилки (см. уравнение 2.17 в главе 2).

Каждый из резервуаров МОВ (валежная древесина и подстилка) должен рассматриваться отдельно, однако для этих резервуаров используется один и тот же метод определения изменений.

#### Уровень 1

Метод уровня 1 предполагает, что запасы углерода валежной древесины и подстилки либо отсутствуют на возделываемых землях, либо находятся в равновесии, как в системах агролесомелиорации и садах. Таким образом, для этих резервуаров нет необходимости оценивать изменения запасов углерода.

#### Уровни 2 и 3

Уровни 2 и 3 позволяют рассчитать изменения запасов углерода в валежной древесине и подстилке в связи с практиками хозяйствования. Для оценки изменений запаса углерода в МОВ предлагаются следующие два метода:

*Метод 1* (также называется **методом поступлений-потерь**, уравнение 2.18 в главе 2): Метод 1 включает оценку площади для категорий управления возделываемых земель и среднегодового переноса в запасы валежной древесины и подстилки и из них. Для этого необходимо оценивать площадь *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями*, в соответствии с: i) различными типами климата или возделываемых земель; ii) режимом управления или другими факторами, существенно влияющими на резервуары углерода валежной древесины и подстилки, и iii) количеством перенесенной биомассы в запасы валежной древесины и подстилки, а также количеством перенесенной биомассы из запасов валежной древесины и подстилки в расчете на гектар и соответственно различным типам возделываемых земель.

*Метод 2* (также называется **методом разности запасов**, уравнение 2.19 в главе 2): Метод 2 включает оценку площади возделываемых земель и запасов валежной древесины и подстилки в два момента времени  $t_1$  и  $t_2$ . Изменения запасов валежной древесины и подстилки для года кадастра получаются делением изменений запасов на период времени (в годах) между двумя измерениями. Метод 2 оправдан для стран, имеющих периодические кадастры. Этот метод больше подходит для стран, принимающих

методы уровня 3. Методы уровня 3 используются в случае, когда страна имеет конкретные для нее коэффициенты выбросов и национальные данные. Определенная конкретной страной методология может быть основана на подробных инвентаризациях постоянных выборочных участков на ее возделываемых землях и/или на моделях.

### 5.2.2.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ/ПОГЛОЩЕНИЙ

**Доля углерода:** Доля углерода валежной древесины и подстилки варьирует и зависит от стадии разложения. Древесина гораздо меньше варьирует, чем подстилка, и для доли углерода может использоваться значение 0,50 тонн С / тонна с.в.

#### Уровень 1

На уровне 1 принято допущение, что запасы углерода МОВ на всех *возделываемых землях, остающихся возделываемыми землями*, незначительны или не меняются и, следовательно, нет необходимости в коэффициентах выбросов/поглощений и данных о деятельности. Странам, испытывающим значительные изменения в управлении возделываемыми землями или возмущения, которые могут влиять на резервуары МОВ, предлагается собрать внутренние данные для количественного выражения этого влияния и сообщить в отчетности по методологиям уровня 2 или 3.

#### Уровень 2

*Эффективная практика* состоит в использовании данных о МОВ на уровне страны для различных категорий возделываемых земель в сочетании с значениями по умолчанию, если для некоторых категорий возделываемых земель значения по стране или региону отсутствуют. Конкретные по стране значения для переноса углерода из живых деревьев, которые заготавливаются, в остатки от заготовок и показателей разложения (в случае метода 1) или итогового изменения в резервуарах МОВ (в случае метода 2) могут быть получены из данных по конкретной стране с учетом типа возделываемых земель, темпа использования биомассы, практики заготовок и количества поврежденной растительности во время операций по заготовке.

#### Уровень 3

Для уровня 3 странам следует разработать свои собственные методологии и параметры для оценки изменений в МОВ. Эти методологии могут быть получены с использованием указанного выше метода 1 или 2 или могут быть основаны на других подходах. Используемый метод должен быть четко задокументирован.

Оценки углерода МОВ, детализированные на национальном уровне, должны быть определены как часть национальной инвентаризации возделываемых земель, моделей национального уровня или на основе специальной программы по кадастрам парниковых газов с периодической выборкой в соответствии с принципами, изложенными в приложении 3А.3 главы 3. Данные инвентаризации можно совместить с расчетами на моделях для охвата динамики всех резервуаров углерода, связанных с возделываемыми землями.

### 5.2.2.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Данные о деятельности состоят из данных о площадях *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями*, характеризующих основными типами возделываемых земель и хозяйственной практики. Суммарные площади возделываемых земель должны соответствовать тем площадям, о которых сообщается в других разделах этой главы, особенно в разделе о биомассе *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями*. Увязывание этой информации с данными о национальных почвах, климате, растительности и другими геофизическими данными облегчает оценку изменений в МОВ.

### 5.2.2.4 ЭТАПЫ РАСЧЕТОВ ДЛЯ УРОВНЯ 1 И УРОВНЯ 2

**Ниже приводится краткое перечисление действий для оценки изменения запасов углерода в МОВ:**

#### Уровень 1

Данные о деятельности не требуются, так как предполагается стабильность резервуара МОВ.

#### **Метод 2 (метод поступлений-потерь) - уравнение 2.18 в главе 2**

Каждый из резервуаров МОВ (валежная древесина и подстилка) должен рассматриваться отдельно, однако для всех этих резервуаров используется один и тот же метод.

**Этап 1:** Определить категории или типы возделываемых земель и системы управления, которые должны использоваться в данной оценке, а также репрезентативную площадь. Данные о площади должны быть получены с использованием методов, описанных в главе 3.

**Этап 2:** Определить итоговое изменение в запасах МОВ для каждой категории. Определить значения на основании кадастров или научных исследований для средних поступлений и отдач валежной древесины или подстилки в каждой категории. Страны должны использовать имеющиеся местные данные для поступлений и отдач из этих резервуаров. Рассчитать итоговое изменение в резервуарах МОВ путем вычитания отдач из поступлений. Отрицательные величины указывают на итоговое сокращение запаса.

**Этап 3:** Определить итоговое изменение в запасах углерода МОВ для каждой категории, основываясь на данных этапа 2. Умножить полученное значение изменения в запасах МОВ на долю углерода в валежной древесине и подстилке для определения итогового изменения в запасах углерода валежной древесины. Значения по умолчанию составляют: 0,50 тонн С / тонна с.в. для валежной древесины и 0,40 тонн С / тонна с.в. для подстилки.

**Этап 4:** Определить суммарное изменение в резервуарах углерода МОВ для каждой категории путем умножения репрезентативной площади каждой категории на итоговое изменение в запасах углерода МОВ для данной категории.

**Этап 5:** Определить общее изменение в запасах углерода МОВ путем сложения суммарных изменений в МОВ по всем категориям.

## **Уровень 2 (метод разности запасов) - уравнение 2.19 в главе 2**

Каждый из резервуаров МОВ должен рассматриваться отдельно, однако для всех этих резервуаров используется один и тот же метод.

**Этап 1:** Определить категории, которые должны использоваться в данной оценке, а также репрезентативную площадь, как описано для метода 1.

**Этап 2:** Определить итоговое изменение в запасах МОВ для каждой категории. На основании данных кадастра определить временной интервал кадастра, средний запас МОВ в начальный момент кадастра ( $t_1$ ) и средний запас МОВ в конечный момент кадастра ( $t_2$ ). Использовать эти данные для расчета итогового годового изменения в запасах МОВ путем вычитания запаса МОВ в момент  $t_1$  от запаса МОВ в момент  $t_2$  и деления этой разницы на временной интервал. Отрицательная величина указывает на уменьшение запаса МОВ.

**Этап 3:** Определить итоговое изменение в запасах углерода МОВ для каждой категории. Определить итоговое изменение в запасах углерода МОВ путем умножения итогового изменения в запасах МОВ для каждой категории на долю углерода МОВ. Значения по умолчанию составляют: 0,50 тонн С / тонна с.в. для валежной древесины и 0,40 тонн С / тонна с.в. для подстилки. Для подхода уровня 3 требуется знание коэффициентов разрастания по конкретной стране или конкретной экосистеме. Для подхода уровня 2 могут использоваться коэффициенты разрастания по умолчанию национального уровня.

**Этап 4:** Определить суммарное изменение в резервуаре углерода МОВ для каждой категории деятельности путем умножения репрезентативной площади каждой категории деятельности на итоговое изменение в запасах углерода МОВ для данной категории.

**Этап 5:** Определить общее изменение в запасах углерода МОВ путем сложения суммарных изменений в МОВ по всем категориям деятельности.

### **5.2.2.5 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ**

На уровне 1 нет необходимости в оценке неопределенностей, так как предполагается стабильность запасов МОВ. На уровнях 2 и 3 данные о площади и оценки неопределенностей должны быть получены с использованием методов, изложенных в главе 3. Коэффициенты накопления и потерь углерода должны оцениваться в местном масштабе.

## **5.2.3 Почвенный углерод**

Управление возделываемыми землями изменяет запасы почвенного углерода в различной степени в зависимости от того как влияют конкретные практики на поступление углерода в почвенные системы и отдачу из них (Paustian *et al.*, 1997; Bruce *et al.*, 1999; Ogle *et al.*, 2005). Основные практики управления, влияющие на запасы почвенного углерода возделываемых земель, определяются типом управления

остатками, управления обработкой почвы, управления внесением удобрений (как минеральных, так и органических удобрений), выбором сельскохозяйственной культуры и интенсивностью управления земледелием (например, длительное возделывание против чередований культур с периодами чистого пара), организацией орошения и смешанными системами с последовательным чередованием возделывания культур и пастбищ или сенокосов. Кроме того, дренаж и культивация органических почв уменьшают запасы почвенного углерода (Armentano and Menges, 1986).

*Общая информация и указания по оценке изменений в запасах почвенного углерода приводятся в разделе 2.3.3 главы 2 (включая уравнения). Необходимо прочитать этот раздел перед тем, как приступить к конкретным руководящим указаниям, касающимся запасов почвенного углерода возделываемых земель.* Для возделываемых земель общее изменение в запасах почвенного углерода оценивается с помощью уравнения 2.24 (глава 2), которое сочетает изменение в запасах почвенного органического углерода для минеральных и органических почв и изменения запасов, связанные с резервуарами почвенного неорганического углерода (только уровень 3). В данном разделе представлены конкретные указания для оценки изменений запасов почвенного органического углерода. Почвенный неорганический углерод подробно рассматривается в разделе 2.3.3.1.

Для учета изменений в запасах почвенного углерода, связанных с *возделываемыми землями, остающимися возделываемыми землями*, страны должны располагать как минимум оценками площадей возделываемых земель в начале и в конце периода кадастра. При ограниченных данных о землепользовании и управлении в качестве исходных могут использоваться обобщенные данные, такие как статистические данные ФАО по возделываемым землям, наряду со знаниями экспертов страны о примерном распределении систем управления землями (например, системы возделывания со средним, низким и высоким поступлением и т.д.). Классы управления возделываемыми землями должны стратифицироваться соответственно климатическим регионам и основным типам почв, что может основываться на классификациях по умолчанию или по конкретной стране. Это может быть осуществлено наложением карт землепользования на соответствующие климатические и почвенные карты.

### 5.2.3.1 ВЫБОР МЕТОДА

Кадастры могут разрабатываться с использованием подхода уровня 1, 2 или 3; при этом каждый последующий уровень требует более подробных данных и больше ресурсов, чем предыдущий уровень. Возможно также, что странами будут использованы различные уровни при подготовке оценок для отдельных подкатегорий почвенного углерода (т.е. изменения запасов органического углерода в минеральных почвах и органических почвах и изменения запасов, связанных с резервуарами неорганического углерода почв). Для того, чтобы помочь составителям кадастров в выборе подходящего уровня для инвентаризации почвенного углерода в разделе 2.3.3.1 (глава 2) приводятся схемы принятия решений для минеральных почв (рисунок 2.4) и органических почв (рисунок 2.5).

#### *Минеральные почвы*

##### **Уровень 1**

Метод оценки для минеральных почв основывается на изменениях в запасах почвенного органического углерода в течение определенного периода после изменений в управлении, которые влияют на почвенный органический углерод. Уравнение 2.25 (глава 2) используется для оценки изменения в запасах почвенного органического углерода в минеральных почвах путем вычитания запаса углерода в последний год периода кадастра ( $SOC_0$ ) от запаса углерода в начале периода кадастра ( $SOC_{(0-T)}$ ) и деления полученной разности на временной промежуток ( $D$ ), соответствующий коэффициентам изменения запасов углерода. На практике сначала должны быть получены данные по землепользованию и управлению по конкретной стране, которые должны быть классифицированы в соответствующие системы управления землями (например, возделывание с высоким, средним и низким поступлением), включая управление обработкой почвы, и затем стратифицированы по климатическим регионам и типам почв МГЭИК. Запасы почвенного органического углерода ( $SOC$ ) оцениваются для начала и конца периода кадастра с использованием эталонных запасов углерода по умолчанию ( $SOC_{ref}$ ) и коэффициентов изменения запасов по умолчанию ( $F_{LU}$ ,  $F_{MG}$ ,  $F_I$ ).

##### **Уровень 2**

Для уровня 2 используются те же основные уравнения, что и для уровня 1 (уравнение 2.25), но включается информация по конкретной стране для лучшего определения коэффициентов изменения запасов, эталонных запасов углерода, климатических регионов, типов почвы и/или систем классификации управления земель.

### Уровень 3

Подходы уровня 3 могут использовать динамические модели и/или детализированные измерения по кадастру почвенного углерода в качестве основы для оценки годовых изменений запаса. Расчет оценок на основе моделей производится с использованием сопряженных уравнений, позволяющих оценить итоговое изменение почвенного углерода. Существует множество моделей (например, см. обзоры McGill *et al.*, 1996; Smith *et al.*, 1997). Ключевые критерии при выборе подходящей модели включают: способность модели представлять все соответствующие виды систем/практики управления для возделываемых земель; совместимость входных параметров модели (т.е. управляющих переменных) с имеющимися в наличии входными данными в масштабе страны; проверку достоверности сравнением с экспериментальными данными.

Подход уровня 3 может быть усовершенствован использованием подхода на основе измерений, при котором производятся периодические замеры для оценки изменений запасов почвенного органического углерода. В этом случае, вероятно, потребуется гораздо большая плотность реперных площадок, чем в случае с моделями, для адекватного представления комбинации систем землепользования и управления, а также типов климата и почвы. В разделе 2.3.3.1 главы 2 содержатся дополнительные указания.

### Органические почвы

#### Уровень 1

Для оценки изменения запасов углерода в органических почвах (например, торфяники, гистосоли) используется уравнение 2.26 (глава 2). Базовая методология заключается в стратификации культивируемых органических почв с разбивкой по климатическим регионам и определении годовых темпов потерь углерода по конкретному климатическому региону. Для оценки годовых выбросов углерода площади земель умножаются на коэффициент выбросов и затем производят суммирование.

#### Уровень 2

Для уровня 2 используются те же основные уравнения, что и для уровня 1 (уравнение 2.26), но включается информация по конкретной стране для лучшего определения коэффициентов выбросов, климатических регионов и/или системы классификации управления землями.

#### Уровень 3

Подходы уровня 3 для органических почв используют динамические модели и/или сети измерений, как это описано выше для минеральных почв

## 5.2.3.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ИЗМЕНЕНИЙ ЗАПАСОВ И ВЫБРОСОВ

### Минеральные почвы

#### Уровень 1

В таблице 5.5 представлены используемые на уровне 1 коэффициенты изменений запасов по умолчанию для землепользования ( $F_{LU}$ ), поступления ( $F_i$ ) и управления ( $F_{MG}$ ). Методы и исследования, использованные для получения коэффициентов изменений запасов по умолчанию, представлены в приложении 5A.1 и в «Ссылках». По умолчанию временной период для изменений запасов ( $D$ ) составляет 20 лет и предполагается, что практика хозяйствования влияет на запасы до глубины 30 см; такая же глубина принята в случае эталонных запасов почвенного углерода, указанных в таблице 2.3 (глава 2).

#### Уровень 2

Подход уровня 2 предполагает оценку коэффициентов изменений запасов по конкретным странам. Получение коэффициентов поступления ( $F_i$ ) и управления ( $F_{MG}$ ) основывается на сравнениях со средним уровнем поступления и интенсивной обработкой соответственно, так как они считаются по умолчанию номинальными практиками в классификации управления/хозяйствования МГЭИК (см. «Выбор данных о деятельности»). *Эффективная практика* заключается в получении значений для более подробной классификации по типам управления/хозяйствования, климата и почвы, если наблюдаются значительные различия в коэффициентах изменений запасов между более разукрупненными категориями на основе эмпирического анализа. При подходе уровня 2 эталонные запасы углерода могут быть также получены на основании данных по конкретной стране. В разделе 2.3.3.1 главы 2 содержатся дополнительные указания.

#### Уровень 3

Оценка постоянных коэффициентов темпов изменений запасов вместо переменных коэффициентов маловероятна, так как последние более точно описывают влияния землепользования и управления. См. дальнейшие обсуждения в разделе 2.3.3.1 главы 2.

## **Органические почвы**

### **Уровень 1**

В таблице 5.6 представлены коэффициенты выбросов по умолчанию для культивируемых органических почв. Определение коэффициентов выбросов для систем с многолетними деревьями, например, с фруктовыми деревьями, которые классифицируются в качестве возделываемых земель, может основываться на приведенных в таблице 5.6 коэффициентах для культивируемых органических почв или на данных по управлению органическими почвами лесов (см. главу 4). Неглубокий дренаж приводит к выбросам, которые схожи с выбросами в результате хозяйственной деятельности в лесах, тогда как более глубокий дренаж систем с многолетними деревьями приводит к выбросам, которые схожи с выбросами от систем земледелия с возделыванием однолетних культур.

### **Уровень 2**

При подходе уровня 2 коэффициенты выбросов получаются из экспериментальных данных по конкретной стране. *Эффективная практика* заключается в получении коэффициентов выбросов для конкретных категорий управления возделываемыми землями на органических почвах и/или более подробной классификации климатических регионов, предполагая наличие существенных различий в темпах потерь углерода для новых категорий. В разделе 2.3.3.1 главы 2 содержатся дополнительные указания.

### **Уровень 3**

Оценка постоянных коэффициентов выбросов вместо переменных коэффициентов маловероятна, так как последние более точно описывают влияния землепользования и управления.

Таблица 5.5 Относительные коэффициенты изменения запасов ( $F_{LU}$ , $F_{MG}$ и $F_I$ ) (за 20 лет) для различных видов деятельности по управлению на возделываемых землях						
Тип значения коэффициента	Уровень	Температурный режим	Влажностный режим	Значения по умолчанию МГЭИК	Погрешность <sup>2,3</sup>	Описание
Землепользование ( $F_{LU}$ )	Длительно обрабатываемые	Умеренный/Бореальный	Сухой	0,80	$\pm 9\%$	Представляет площадь, которая находится под непрерывным управлением в течение > 20 лет, главным образом под однолетними культурами. Для оценки изменений в запасах углерода также применяют коэффициенты поступления и обработки. Коэффициент землепользования оценивался относительно использования полных уровней обработки и номинального (среднего) поступления углерода.
			Увлажненный	0,69	$\pm 12\%$	
		Тропический	Сухой	0,58	$\pm 61\%$	
			Увлажненный/влажный	0,48	$\pm 46\%$	
Тропический горный <sup>4</sup>	n/a	0,64	$\pm 50\%$			
Землепользование ( $F_{LU}$ )	Рис-падди	Все	Сухой и увлажненный/влажный	1,10	$\pm 50\%$	Длительное (> 20 лет) возделывание однолетних культур на увлажненных землях (рис-падди). Может включать смешанные культуры с неорошаемыми культурами. Для риса-падди коэффициенты вспашки и поступления не используются.
Землепользование ( $F_{LU}$ )	Многолетние/древесные культуры	Все	Сухой и увлажненный/влажный	1,00	$\pm 50\%$	Длительное возделывание многолетних древесных культур, например, плодовые и ореховые деревья, кофе и какао.
Землепользование ( $F_{LU}$ )	Временно выведенные из оборота (< 20 лет)	Умеренный/бореальный и тропический	Сухой	0,93	$\pm 11\%$	Представляет временно выведенные из сельскохозяйственного оборота возделываемые земли под однолетними культурами (например, законсервированные резервы) или другие отдыхающие возделываемые земли, которые вновь засеяны многолетними травами.
			Увлажненный/влажный	0,82	$\pm 17\%$	
		Тропический горный <sup>4</sup>	n/a	0,88	$\pm 50\%$	
Пахота ( $F_{MG}$ )	Глубокий	Все	Сухой и увлажненный/влажный	1,00	NA	Значительное возмущение почвы с полной инверсией и/или частыми (в течение года) операциями обработки. Во время сева небольшая (например, <30%) часть поверхности покрыта остатками растений.
Пахота ( $F_{MG}$ )	Поверхностный	Умеренный/Бореальный	Сухой	1,02	$\pm 6\%$	Первичная и/или вторичная вспашка, но с уменьшенным возмущением почвы (обычно мелкая вспашка и без полного оборота пласта почвы). Обычно оставляют поверхность с >30% покрытия остатками растений при севе.
			Увлажненный	1,08	$\pm 5\%$	
		Тропический	Сухой	1,09	$\pm 9\%$	
			Увлажненный и влажный	1,15	$\pm 8\%$	
Тропический горный <sup>4</sup>	n/a	1,09	$\pm 50\%$			
Пахота ( $F_{MG}$ )	Беспашотный	Умеренный/Бореальный	Сухой	1,10	$\pm 5\%$	Прямая посадка без предварительной вспашки, только с минимальным возмущением почвы в зоне сева. Для борьбы с сорняками обычно используются гербициды.
			Увлажненный	1,15	$\pm 4\%$	
		Тропический	Сухой	1,17	$\pm 8\%$	
			Увлажненный и влажный	1,22	$\pm 7\%$	
Тропический горный <sup>4</sup>	n/a	1,16	$\pm 50\%$			

ТАБЛИЦА 5.5 (ПРОДОЛЖЕНИЕ)						
ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ИЗМЕНЕНИЯ ЗАПАСОВ ( $F_{LU}$ , $F_{MG}$ и $F_I$ ) (ЗА 20 ЛЕТ) ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО УПРАВЛЕНИЮ НА ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ						
Тип значения коэффициента	Уровень	Температурный режим	Влажностный режим	Значения по умолчанию МГЭИК	Погрешность <sup>2,3</sup>	Описание
Поступление ( $F_I$ )	Низкий	Умеренный/Бореальный	Сухой	0,95	$\pm 13\%$	Низкий уровень запашки остатков растений при их удалении (путем сбора или сжигания), частое оставление под чистым паром или возделывание культур с небольшими остатками (например, овощные, табак, хлопок), без внесения минеральных удобрений и без азотфиксирующих культур.
			Увлажненный	0,92	$\pm 14\%$	
		Тропический	Сухой	0,95	$\pm 13\%$	
			Увлажненный и влажный	0,92	$\pm 14\%$	
Тропический горный <sup>4</sup>	n/a	0,94	$\pm 50\%$			
Поступление ( $F_I$ )	Средний	Все	Сухой и увлажненный/влажный	1,00	NA	Репрезентативный для возделывания однолетних злаков, когда все остатки растений возвращаются на поле. Если остатки удаляются, то добавляется дополнительное органическое вещество (например, навоз). Также требуется внесение минеральных удобрений или возделывание азотфиксирующих культур при севообороте.
Поступление ( $F_I$ )	Высокий без органических удобрений	Умеренный/бореальный и тропический	Сухой	1,04	$\pm 13\%$	Представляет значительно большие поступления остатков растений по сравнению с системами земледелия со средним поступлением углерода вследствие введения дополнительных практик хозяйствования, например, возделывания культур с высокой степенью остатков, использования зеленых удобрений, покровных культур, улучшенных паров с растительностью, частого использования многолетних трав в ежегодном севообороте, но без применения органических удобрений (см. ряд ниже).
			Увлажненный и влажный	1,11	$\pm 10\%$	
		Тропический горный <sup>4</sup>	n/a	1,08	$\pm 50\%$	
Поступление ( $F_I$ )	Высокий с органическими удобрениями	Умеренный/бореальный и тропический	Сухой	1,37	$\pm 12\%$	Представляет значительно большие поступления углерода по сравнению с системами земледелия со средним поступлением углерода вследствие введения дополнительных практик регулярного внесения навоза.
			Увлажненный и влажный	1,44	$\pm 13\%$	
		Тропический горный <sup>4</sup>	n/a	1,41	$\pm 50\%$	

<sup>1</sup> Там, где было достаточно данных, были определены отдельно величины для умеренных и тропических режимов температуры и сухого, увлажненного и влажного режимов. Умеренные и тропические зоны соответствуют зонам, определенным в главе 3; режим увлажнения соответствует объединенным увлажненным и влажным зонам в тропиках и увлажненной зоне в умеренных регионах.

<sup>2</sup>  $\pm$  два среднеквадратических отклонения, выраженных в виде процентной доли от среднего значения; в случае, если не проводились достаточные исследования для статистического анализа, необходимого для получения значения по умолчанию, неопределенность принимается равной  $\pm 50\%$  на основании экспертного заключения. NA означает «неприменимо», когда значения коэффициентов представляют определенные эталонные значения, и неопределенности отражены в эталонных запасах углерода и коэффициентах изменений запасов для земледелия.

<sup>3</sup> Этот диапазон ошибок не включает потенциальную систематическую ошибку, связанную с небольшим размером выборки, которая может быть не репрезентативной для реального влияния во всех регионах мира.

<sup>4</sup> Нет достаточных исследований для оценки коэффициентов изменений запасов для минеральных почв в горном тропическом климатическом регионе. Для приближенной оценки изменения запасов в случае горного тропического климата использовалось среднее изменение запаса между соответствующими значениями для умеренных и тропических регионов.

Примечание: В приложении 5A.1 приводится информация по оценке коэффициентов изменений запасов по умолчанию для выбросов/поглощений углерода применительно к минеральным почвам на возделываемых землях.

ТАБЛИЦА 5.6 ГОДОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ (ЕФ) ДЛЯ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЧВ		
Климатический температурный режим <sup>1</sup>	Значения по умолчанию МГЭИК (тонны С / га x год)	Погрешность <sup>2</sup>
Бореальный/умеренный холодный	5,0	± 90%
Умеренный теплый	10,0	± 90%
Тропический/субтропический	20,0	± 90%

<sup>1</sup> Климатическая классификация приводится в главе 3.

<sup>2</sup> Представляет номинальную оценку ошибки, эквивалентную двум среднеквадратическим отклонениям, в виде процентной доли от среднего значения. Оценки основаны на работах следующих авторов: Glenn *et al.*, 1993; Kasimir-Klemedtsson *et al.*, 1997; Freibauer and Kaltschmitt, 2001; Leifeld *et al.*, 2005; Augustin *et al.*, 1996; Nykänen *et al.*, 1995; Maljanen *et al.*, 2001, 2004; Lohila *et al.*, 2004; Ogle *et al.*, 2003; Armentano and Menges, 1986.

### 5.2.3.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

#### Минеральные почвы

##### Уровень 1

Системы возделываемых земель классифицируются в соответствии с практикой хозяйствования, влияющей на накопление почвенного углерода. Классификационная система хозяйствования/управления по умолчанию приводится на рисунке 5.1. Составители кадастров должны использовать эту классификацию для категоризации систем хозяйствования/управления в соответствии с коэффициентами изменений запасов по умолчанию уровня 1. Эта классификация может быть усовершенствована далее для подходов уровней 2 и 3. В общем случае практики хозяйствования, которые как известно, повышают накопления углерода, например, ирригация, внесение минеральных и органических удобрений, возделывание покровных культур и культур с высоким уровнем растительных остатков, отличаются более высокими поступлениями, тогда как практики хозяйствования, уменьшающие накопления углерода, например, сжигание/удаление растительных остатков, использование чистого пара и возделывание культур с низким уровнем растительных остатков, отличаются более низкими поступлениями. Эти практики используются для категоризации систем хозяйствования/управления и последующей оценки изменений в запасах почвенного органического углерода. Не следует учитывать практику, которая используется для менее, чем 1/3 данного севооборота (т.е. чередования культур), что согласуется с классификацией экспериментальных данных, используемых для оценки коэффициентов изменений запасов по умолчанию. Рисовые поля, земли с возделыванием многолетних культур и земли, выведенные из оборота (т.е. земли, выведенные из сельскохозяйственного использования), относятся к особым системам управления (см. ниже).

Каждая из систем земледелия с возделыванием однолетних культур (низкие поступления, средние поступления, высокие поступления и высокие поступления с внесением органических удобрений) подразделяется далее соответственно управлению обработкой. Практика обработки почвы делится на беспашотную (прямой высев без предварительной обработки с минимальным нарушением почвы в зоне посева; против сорняков обычно используются гербициды), поверхностную обработку (первичная и/или вторичная вспашка, но со сниженным нарушением почвы, как правило, на небольшую глубину и без полного оборота пласта почвы; обычно оставляет поверхность с >30% покрытия остатками растений при севе) и глубокую обработку (значительное нарушение почвы с полной инверсией и/или частыми в течение года операциями обработки; во время сева <30% поверхности покрыта остатками растений). *Эффективная практика* заключается в том, чтобы рассматривать поверхностную или беспашотную обработку таковыми, только если они осуществляются непрерывно (каждый год), так как даже случайный пропуск с использованием глубокой обработки приведет к существенному снижению накопления почвенного органического углерода по сравнению с ожидавшимся уровнем при поверхностном и беспашотном режиме обработки (Pierce *et al.*, 1994; Smith *et al.*, 1998). Для оценки воздействия комбинированных систем почвообработки (с чередованием поверхностной, беспашотной и/или глубокой обработки) на запасы почвенного углерода требуется метод уровня 2.

Основные типы данных о деятельности по землепользованию: i) обобщенные статистические данные (подход 1), ii) данные с подробной информацией по переустройствам землепользования, но без конкретной географической привязки (подход 2) и iii) данные с подробной информацией по переустройствам землепользования и географической привязке (подход 3), например, кадастры землепользования и управления, образующие статистически обоснованную модель земельных площадей

страны (обсуждение подходов приводится в главе 3). Как минимум, имеющиеся на глобальном уровне статистические данные по землепользованию и растениеводству, такие как базы данных ФАО (<http://faostat.fao.org/>), представляют годовые сводки данных о суммарных площадях земли по основным видам землепользования, специальные данные по управлению (например, орошаемые возделываемые земли по сравнению с неорошаемыми), данные о площадях под многолетними культурами (т.е. виноградники, посадки многолетних зеленых культур и деревянистых культур, такие как, например, плодовые сады), а также данные о площадях под однолетними культурами (например, пшеница, рис, кукуруза, сорго и т.д.). Базы данных ФАО являются примером обобщенных данных (подход 1).

Данные о деятельности по управлению служат дополнением к данным по землепользованию, предоставляя информацию для классификации систем управления, например, типы культур и ротации, практика обработки, ирригация, внесение органических удобрений, управление растительными остатками и т.д. Эти данные могут также служить источником обобщенных статистических данных (подход 1) или информацией о подробных изменениях в управлении (подходы 2 или 3). Там где возможно, *эффективная практика* заключается в определении конкретной практики управления для земельных площадей, связанных с системами возделывания (например, ротации и практика почвообработки), а не просто площадей по культурам. Данные дистанционного зондирования являются важным источником данных о деятельности в области землепользования и управления; другим потенциальным источником информации о практике возделывания являются знания экспертов. *Эффективная практика* заключается в использовании экспертных знаний с помощью методов, представленных в приложении к главе 2 тома 1 (Протокол о заключении эксперта)

Национальные кадастры землепользования и ресурсов, основанные на повторных исследованиях некоторых участков, являются источником данных о деятельности, которые собираются с использованием подхода 2 или 3 и имеют ряд преимуществ по сравнению с обобщенными данными о землепользовании и управлении возделываемыми землями. Данные временного ряда могут быть легче увязаны с конкретной системой возделывания (т.е. сочетание типа культуры и управления на протяжении ряда лет), а тип почв может быть определен путем выборки или путем соотнесения местоположения с соответствующей картой почв. Выбранные на основе должной статистической схемы точки для кадастра также позволяют провести оценки изменчивости, связанной с данными о деятельности, что можно использовать в качестве части формального анализа неопределенности. Примером обследования с использованием подхода 3 является Национальный кадастр ресурсов США (Nusser and Goebel, 1997).

Данные о деятельности требуют дополнительных сведений из самой страны для разбивки площадей по типам климата и почвы. Если такая информация еще не собрана, то первоначальным подходом было бы совместное использование имеющихся карт земного покрова/землепользования (национального происхождения или из глобальных комплектов данных, таких как IGBP\_DIS) с картами почв и климата национального происхождения или из глобальных источников, такими как карты почв мира, составленные ФАО и данные о климате, предоставляемые Экологической программой ООН. В приложении 3А.5 главы 3 представлено подробное описание схем классификации климата и почв по умолчанию. Классификация почв основывается на таксономическом описании и на данных текстуры почв, тогда как климатические регионы основываются на данных среднегодовых температур и осадков, высоты над уровнем моря, возможности заморозка и потенциальной эвапотранспирации.

## **Уровень 2**

Для подходов уровня 2 обычно требуется более подробная разбивка систем управления (если имеется достаточно данных), чем на уровне 1 (см. рисунок 5.1). Это может включать дальнейшее подразделение категорий поступления углерода при возделывании однолетних культур (т.е. низкие, средние, высокие и высокие с удобрениями), рисовых полей, систем земледелия с возделыванием многолетних культур и выведенных из оборота земель. *Эффективная практика* заключается в дальнейшем подразделении классов по умолчанию на основе эмпирических данных, показывающих существенные различия в накоплениях почвенного органического углерода среди предложенных категорий. Кроме того, подходы уровня 2 могут включать более подробную стратификацию климатических регионов и типов почв.

## **Уровень 3**

Для применения кадастра, основанного на динамических моделях и/или на данных непосредственных измерений, на уровне 3 требуются аналогичные или более подробные по сравнению с методами уровней 1 и 2 сведения о сочетаниях данных, касающихся климата, почвы, топографии и управления, но при этом конкретные требования будут зависеть от используемой модели или схемы измерений.

## Органические почвы

### Уровень 1

В отличие от метода для минеральных почв возделываемые земли на органических почвах не классифицируются по системам управления при условии допущения, что дренаж, связанный со всеми типами управления для сельскохозяйственных культур, стимулирует окисление органического вещества, накопившегося в условиях преимущественно анаэробической среды. Тем не менее, для применения метода, описанного в разделе 2.3.3.1 (глава 2), необходимо стратифицировать возделываемые земли по климатическим регионам и типам почв (см. приложение 3А.5 главы 3, где приводятся указания по классификации почв и климатических условий).

Для получения оценок площадей можно использовать базы данных и подходы, аналогичные описанным для *минеральных почв* в обсуждении, касающемся уровня 1. Площадь возделываемых земель с органическими почвами может быть определена с использованием наложения карты землепользования на климатические и почвенные карты. Данные конкретной страны о проектах осушения вместе с результатами обследований землепользований могут быть использованы для получения более точной оценки соответствующих площадей.

### Уровень 2

Подходы уровня 2 могут включать стратификацию систем управления, если имеется достаточно данных. В том числе сюда могут входить подразделения систем возделывания однолетних культур по классам дренажа, типам культур (Freibauer, 2003) или степеням нарушения почвы при обработке. Кроме того, подходы уровня 2 могут включать более подробную стратификацию климатических регионов.

### Уровень 3

Подходы уровня 3 для органических почв чаще всего должны включать более подробные по сравнению с методами уровней 1 и 2 данные, касающиеся климата, почвы, топографии и управления, но при этом точные требования будут зависеть от используемой модели или схемы измерений.

## 5.2.3.4 ЭТАПЫ РАСЧЕТОВ ДЛЯ УРОВНЯ 1

### Минеральные почвы

Этапы для оценки  $SOC_0$  и  $SOC_{(0-T)}$  и итогового изменения запасов углерода в почве на гектар площади *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями* на минеральных почвах, указаны ниже:

**Этап 1:** Организовать данные в соответствии с временными периодами кадастра, основанными на годах, в которые производился сбор данных о деятельности (например, с 1990 по 1995 гг., с 1995 по 2000 гг. и т.д.)

**Этап 2:** Определить площади *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями* с разбивкой по типам минеральных почв и климатических регионов, имеющихся в стране в начале первого временного периода кадастра. Первый год временного периода кадастра зависит от временного интервала данных о деятельности (0-Т; например, 5, 10 или 20 лет назад).

**Этап 3:** Классифицировать каждую возделываемую землю по соответствующим системам хозяйствования/ управления с помощью рисунка 5.1.

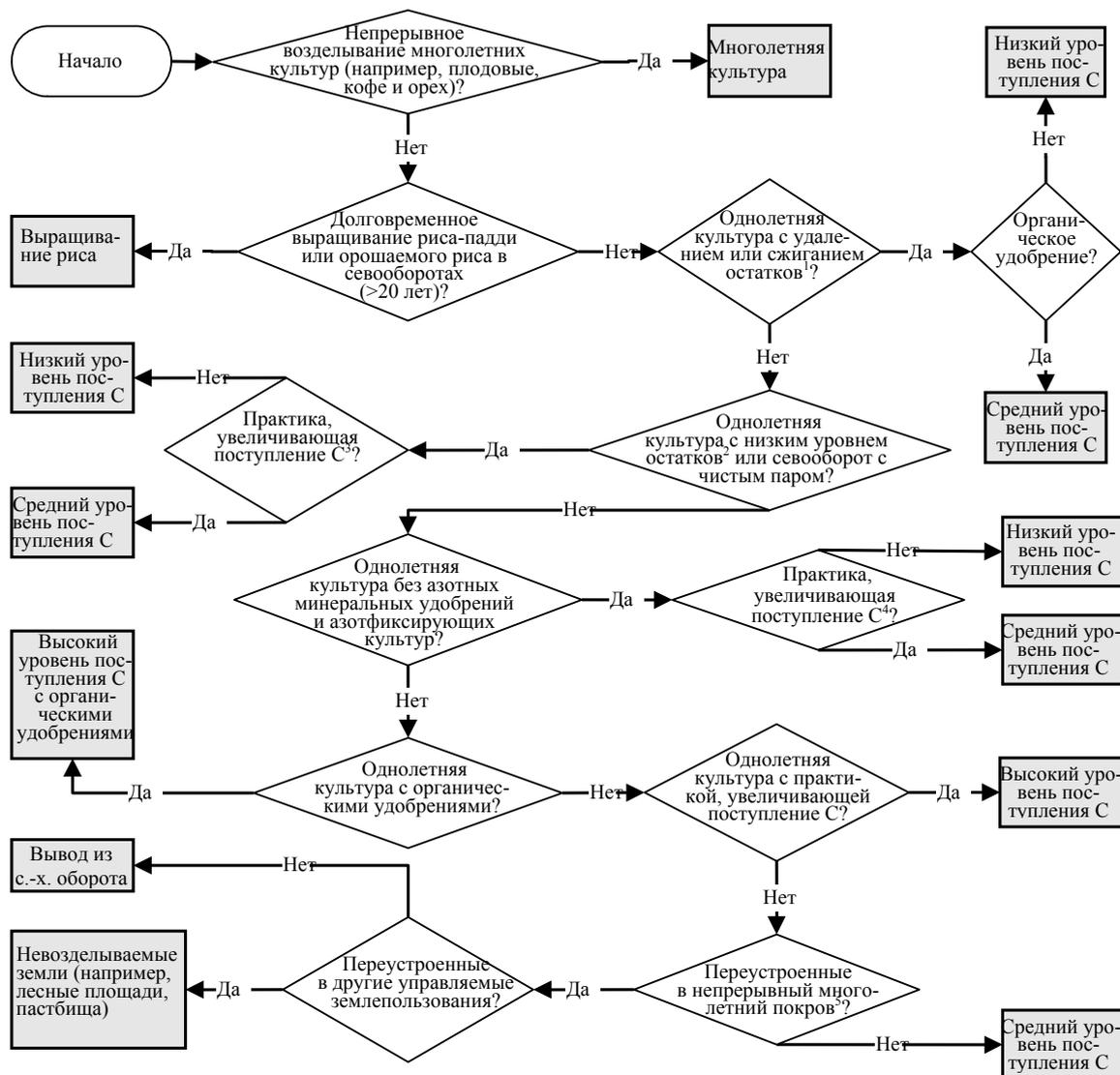
**Этап 4:** Выбрать значения местного эталонного запаса углерода ( $SOC_{REF}$ ) на основе типа климата и почвы из таблицы 2.3.

**Этап 5:** Выбрать коэффициент землепользования ( $F_{LU}$ ), коэффициент управления ( $F_{MG}$ ) и уровни поступления углерода ( $F_I$ ) для каждой возделываемой земли на основе классификации по управлению (Этап 2). Значения  $F_{LU}$ ,  $F_{MG}$  и  $F_I$  представлены в таблице 5.5.

**Этап 6:** Найти произведение коэффициентов ( $F_{LU}$ ,  $F_{MG}$ ,  $F_I$ ) и эталонного запаса почвенного углерода ( $SOC_{REF}$ ), чтобы оценить «начальный» запас органического углерода в почве ( $SOC_{(0-T)}$ ) для периода кадастра.

**Этап 7:** Оценить конечный запас почвенного органического углерода ( $SOC_0$ ) путем повторения этапов 1 - 5, используя тот же местный эталонный запас углерода ( $SOC_{REF}$ ), но с коэффициентами землепользования, управления и поступления, которые представляют условия для каждой возделываемой земли в последнем году (нулевой год) кадастра.

**Рисунок 5.1** Схема классификации для систем возделываемых земель. Для классификации систем управления возделываемыми землями составители кадастров должны начать сверху и пройти через всю схему, отвечая на вопросы (двигаться вдоль ветвей в соответствии с ответом) до достижения конечной точки на схеме. Данная схема классификации согласуется с коэффициентами изменений запасов по умолчанию, приведенными в таблице 5.5. Классы поступления углерода (низкие, средние, высокие и высокие с внесением органических удобрений) подразделяется далее соответственно практике обработки.



Примечание:

1. Обычно не учитывается поедание скотом остатков растительности в поле.

2. Например, хлопок, овощи и табак.

3. Практика, которая увеличивает поступление углерода сверх количества обычно производимого растениями с низким уровнем остатков, например, использование органических удобрений, покровных культур / зеленых удобрений и смешанных культур / травяных систем.

4. Практика, которая увеличивает поступление углерода путем повышения производства остатков, например, использование ирригации, покровных культур / зеленых удобрений, паров с растительным покровом, культур с высоким уровнем выхода остатков и смешанных культур / травяных систем.

5. Покров из многолетних культур без частой уборки/заготовки.

Примечание: Учитывать практику, как например, ирригацию, сжигание / удаление остатков, минеральные удобрения, азотфиксирующие культуры, органические удобрения, покровные культуры / зеленые удобрения, культуры с низким уровнем выхода остатков или пары, только в том случае, если она используется, по крайней мере, в 1/3 последовательности чередования культур.

**Этап 8:** Оценить среднегодовое изменение в запасах почвенного органического углерода для *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями*, ( $\Delta C_{\text{Минерал}}$ ) путем вычитания «начального» запаса почвенного органического углерода ( $SOC_{(0-T)}$ ) от конечного запаса почвенного органического углерода ( $SOC_0$ ) и деления полученной разности на временной промежуток, соответствующий коэффициентам изменения запасов углерода (т.е. 20 лет при использовании коэффициентов по умолчанию). Если временной период кадастра превышает 20 лет, то делить необходимо на разность между начальным и конечным годом временного периода.

**Этап 9:** Повторить этапы 2 – 8 при наличии дополнительных периодов в кадастре (например, с 1990 по 2000, с 2001 по 2010 гг. и т.д.).

Ниже приводится числовой пример для *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями* на минеральных почвах, с использованием уравнения 2.25, эталонных запасов углерода по умолчанию (таблица 2.3) и коэффициентов изменений запасов (таблица 5.5).

**Пример:** На следующем примере показаны расчеты изменения запасов углерода в почве для совокупности площадей возделываемых земель. В теплом умеренном влажном климате на моллисолях имеется 1 Мга постоянно возделываемых земель с однолетними культурами. Местный эталонный запас углерода ( $SOC_{\text{REF}}$ ) для региона составляет 88 тонн С /га. На начало расчетного периода кадастра (в данном примере 10 годами ранее, в 1990 г.) распределение систем возделываемых земель было следующим: 400000 га возделываемых земель под однолетними культурами с низкими уровнями поступления углерода и с глубокой обработкой и 600000 га возделываемых земель под однолетними культурами со средними уровнями поступления углерода и глубокой обработкой. Отсюда начальные запасы углерода в почве для этой площади составляли:  $400000 \text{ га} \bullet (88 \text{ тонн С/га} \bullet 0,69 \bullet 1 \bullet 0,92) + 600000 \text{ га} \bullet (88 \text{ тонн С/га} \bullet 0,69 \bullet 1 \bullet 1) = 58,78 \text{ млн. тонн С}$ . В последнем году периода кадастра (в данном примере последним годом является 2000 г.) имеется: 200000 га однолетних культур с глубокой обработкой и низким поступлением углерода, 700000 га однолетних культур с поверхностной обработкой и средним поступлением углерода и 100000 га однолетних культур с беспашотной обработкой и средним поступлением углерода. Таким образом, общие запасы углерода в почве в год кадастра составляют:  $200000 \text{ га} \bullet (88 \text{ тонн С/га} \bullet 0,69 \bullet 1 \bullet 0,92) + 700000 \text{ га} \bullet (88 \text{ тонн С/га} \bullet 0,69 \bullet 1,08 \bullet 1) + 100000 \text{ га} \bullet (88 \text{ тонн С/га} \bullet 0,69 \bullet 1,15 \bullet 1) = 64,06 \text{ млн. тонн С}$ . Отсюда, среднегодовое изменение запасов за период по всей площади составляет:  $64,06 - 58,78 = 5,28 \text{ млн. тонн} / 20 \text{ лет} = 264000 \text{ тонн С}$  увеличения запасов углерода в почве в год. (Примечание: 20 лет – это временной промежуток, соответствующий коэффициенту изменения запаса, т.е. коэффициенту, который представляет годовую скорость изменения в течение 20-летнего периода).

### **Органические почвы**

Для оценки потерь углерода из осушенных органических почв необходимо выполнить следующие этапы:

**Этап 1:** Организовать данные в соответствии с временными периодами кадастра, основанными на годах, в которые производился сбор данных о деятельности (например, с 1990 по 1995 гг., с 1995 по 2000 гг. и т.д.)

**Этап 2:** Определить площадь *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями* на органических почвах, для последнего года каждого периода кадастра.

**Этап 3:** Выбрать соответствующий коэффициент выбросов (EF) для годовых потерь  $CO_2$  в соответствии с климатом (из таблицы 5.6).

**Этап 4:** Оценить суммарные выбросы путем суммирования произведения площади (A) на коэффициент выбросов (EF) по всем климатическим зонам.

**Этап 5:** Повторить для дополнительных периодов кадастра:

Ниже приводится числовой пример для *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями* на осушенных органических почвах, с использованием уравнения 2.26 и коэффициентов выбросов по умолчанию (таблица 5.6).

**Пример:** На следующем примере показаны расчеты изменений запасов углерода в почве для совокупности площадей возделываемых земель. В теплом умеренном влажном климате на гистосолях имеется 0,4 Мга постоянно возделываемых земель с однолетними культурами на осушенных органических почвах. Коэффициент выбросов для данного климата составляет 10,0 тонн С / га x год. Следовательно, годовое изменение запасов почвенного углерода для органических почв на протяжении периода кадастра составит: 400000 га • 10,0 тонн С /га = 4,0 млн. тонн С /год.

### 5.2.3.5 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

В кадастрах углерода почв существуют три широких источника неопределенности. 1) неопределенности в данных по землепользованию и хозяйственной деятельности и в данных об окружающей среде; 2) неопределенности в эталонных запасах углерода почвы при использовании подхода уровня 1 или 2 (только для минеральных почв); и 3) неопределенности в коэффициентах изменения запасов и выбросов для подходов уровня 1 или 2, ошибка структуры/параметра модели для основанных на использовании моделей подходов уровня 3 или ошибка измерения / изменчивость выборки, связанная с основанными на измерениях кадастрами уровня 3. В общем случае точность кадастра повышается, а доверительный размах уменьшается с увеличением числа выборок для оценки значений для трех широких категорий, тогда как уменьшение отклонения (т.е. повышение точности) достигается лучше всего через разработку кадастра более высокого уровня, который включает в себя информацию по конкретной стране.

Для уровня 1 неопределенности, связанные с эталонными запасами углерода, указаны в первой сноске к таблице 2.3, неопределенности коэффициентов изменений запасов указаны в таблице 5.5, а неопределенности коэффициентов выбросов для органических почв - в таблице 5.6. Составитель кадастра должен обратить внимание на неопределенности в данных по землепользованию и управлению и скомбинировать их с неопределенностями для значений по умолчанию коэффициентов и эталонных запасов углерода (только для минеральных почв) с помощью соответствующих методов, например, простых уравнений для расчета накопления ошибок. При использовании обобщенной статистики в отношении площади землепользования для данных о деятельности (например, данные ФАО) учреждение, составляющее кадастры, может применить для оценок площади земли уровень неопределенности по умолчанию ( $\pm 50\%$ ). *Эффективная практика* для составителя кадастров заключается в выводе неопределенностей на основе данных о деятельности по конкретной стране вместо использования уровня по умолчанию.

В применении к отдельным странам данные по умолчанию для эталонных запасов углерода и коэффициентов изменений запасов для минеральных почв, а также коэффициентов выбросов для органических почв могут отличаться по определению высокими уровнями неопределенности, в частности, отклонениями. Значения по умолчанию представляют собой глобально усредненные значения для воздействий землепользования и управления или значения эталонных запасов углерода, которые могут отличаться от соответствующих значений по конкретным регионам (Powers *et al.*, 2004; Ogle *et al.*, 2006). Отклонения могут быть уменьшены с помощью полученных с использованием метода уровня 2 коэффициентов по конкретным странам или разработкой системы оценки уровня 3 по конкретным странам. Экспериментальные исследования в стране и соседних регионах, нацеленные на определение влияния землепользования и управления на углерод почвы, послужат основой для подходов более высокого уровня. Кроме того, *эффективная практика* заключается в дальнейшей минимизации отклонения путем учета существенных различий внутри страны в отношении воздействий землепользования и управления, таких как варьирование между климатическими регионами и/или типами почвы, даже за счет снижения точности оценок коэффициентов (Ogle *et al.*, 2006). Отклонение считается более проблематичным для представления отчетности по изменению запасов, так как отклонение не всегда входит в рамки неопределенности (т.е. действительное изменение запасов может оказаться за пределами сообщаемого диапазона неопределенностей, если имеется значительное отклонение в коэффициентах).

Неопределенности в статистике данных о землепользовании могут быть снижены с помощью совершенствования национальной системы, например, путем развития или расширения наземной съемки введением дополнительных мест выборки и/или дистанционного зондирования для обеспечения дополнительного покрытия. *Эффективная практика* заключается в создании классификации, которая отражает большую часть деятельности по землепользованию и управлению с достаточным размером выборки для минимизации неопределенности в национальном масштабе.

На уровне 2 при проведении инвентаризационного анализа используется информация по конкретной стране в целях уменьшения отклонения. Например, Ogle et al. (2003) применяли данные по конкретной стране, чтобы построить функции распределения вероятностей для относящихся конкретно к США коэффициентов, данных о деятельности и эталонных запасов углерода для сельскохозяйственных почв. *Эффективная практика* заключается в оценке зависимостей между коэффициентами, эталонными запасами углерода или данными по землепользованию и хозяйственной деятельности. В частности, сильные зависимости характерны для данных о землепользовании и хозяйственной деятельности, так как практики хозяйствования имеют тенденцию к коррелированию во времени и пространстве. Комбинирование неопределенностей для коэффициентов изменения запасов / выбросов, эталонных запасов углерода и данных о деятельности может быть осуществлено с использованием соответствующих методов, таких как простые уравнения для расчета накопления ошибок или методы Монте-Карло, позволяющих оценить средние значения и среднеквадратичные отклонения для изменения в запасах почвенного углерода (Ogle et al., 2003; Vanden Bygaart et al., 2004).

Модели уровня 3 являются более сложными, и простые уравнения для расчета накопления ошибок могут оказаться неэффективными при количественном выражении соответствующих неопределенностей в результирующих оценках. Проведение анализов по методам Монте-Карло возможно (Smith and Heath, 2001), но если модели имеют много параметров (некоторые модели могут иметь несколько сот параметров), то могут возникнуть затруднения, так как должны строиться совместные функции распределения вероятностей для количественного выражения дисперсий и ковариаций среди параметров. Возможно использование и других методов, таких как основанные на опыте подходы (Monte et al., 1996), использующие полученные от сети мониторинга результаты измерений для статистической оценки связи между результатами измерений и результатами, полученными с помощью моделирования (Falloon and Smith, 2003). В противоположность моделированию, неопределенности в основанных на измерениях кадастрах уровня 3 могут быть оценены с помощью данных о дисперсии выборок, ошибке измерений и других соответствующих источников неопределенности.

## 5.2.4 Выбросы иных, чем CO<sub>2</sub>, парниковых газов, образующиеся при сжигании биомассы

Выбросы иных, чем CO<sub>2</sub> газов (в частности CH<sub>4</sub>, CO, NO<sub>x</sub> и N<sub>2</sub>O) от *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями*, обычно связаны с сжиганием сельскохозяйственных остатков, которые различаются по странам, сельскохозяйственным культурам и системам управления. Выбросы CO<sub>2</sub> в результате сжигания биомассы не должны сообщаться, так как предполагается, что углерод, высвободившийся в процессе сжигания, будет снова поглощен растительностью в течение следующего периода вегетации.

Процентная доля сжигаемых на месте остатков сельскохозяйственных культур, представляющая собой массу доступного для сжигания топлива, должна оцениваться с учетом части, изъятой до сжигания в связи с потреблением животными, разложением на полях и использованием в других секторах (например, биотопливо, корм для домашнего скота, строительные материалы т.д.). При этом важно исключить возможность двойного учета.

Методология оценки выбросов иных, чем CO<sub>2</sub>, газов от сжигания биомассы на *возделываемых землях, остающихся возделываемыми землями*, соответствует общей формулировке уравнения 2.27 в главе 2. Оценки должны основываться на годовых данных.

### 5.2.4.1 ВЫБОР МЕТОДА

В приведенной на рисунке 2.6 в главе 2 схеме принятия решений даются общие указания по выбору подходящего для использования уровня. Метод оценки выбросов парниковых газов от сжигания биомассы включает использование уравнения 2.27 (глава 2). При подходе уровня 1 данные о деятельности обычно сильно обобщены, и в качестве коэффициентов сгорания и выбросов используются значения по умолчанию, представленные в главе 2. На уровне 2 оценки обычно разрабатываются для основных типов культур с разбиением по климатическим зонам, используя конкретные для страны темпы накопления остатков, а также конкретные для страны оценочные данные по сжиганию и выбросам. Метод уровня 3 очень специфичен для стран и включает в себя процесс моделирования и/или подробного измерения.

Всем странам следует стремиться к улучшению подходов к составлению кадастров и отчетности путем перехода на более высокий уровень расчетов, насколько это возможно при конкретных национальных условиях. Если сжигание на *возделываемых землях, остающихся возделываемыми землями*, является ключевой категорией, то странам следует использовать метод уровня 2 или 3.

### 5.2.4.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

#### Уровень 1

Страны, использующие метод уровня 1, должны заменить количества  $M_B$  и  $C_f$  в уравнении 2.27 в главе 2 на соответствующее значение потребления топлива по умолчанию ( $M_B \times C_f$ ), приведенное в таблице 2.4. Коэффициенты выбросов по умолчанию, которые должны быть использованы, приводятся в таблице 2.5 для каждого представляющего интерес парникового газа.

#### Уровень 2

Данный метод, расширяющий возможности уровня 1, включает использование конкретных по стране данных о доступном топливе и коэффициентах горения и выбросов. Страны могут оценивать количество доступного топлива на основании статистических данных продукции растениеводства и на основании соотношения урожайности и остатков. Для оценки частей пожнивных остатков, убираемых с поля (в качестве топлива или фуража) и оставляемых для сжигания, по различным системам земледелия необходимы полевые исследования. Странам следует сосредоточиться на важнейших сжигаемых сельскохозяйственных культурах или системах с относительно высокими уровнями биомассы в расчете на гектар и уровнями выбросов в расчете на единицу площади (например, сахарный тростник, хлопок).

#### Уровень 3

На данном уровне применяются модели, основанные на конкретных для страны параметрах, с использованием данных национальных кадастров для исключения возможности пропуска сжигания растительных остатков. Уровень 3 зависит от полевых измерений количества остатков, сжигаемых на месте, для различных систем земледелия, различных климатических зон и систем управления; эти полевые измерения основываются на методах выборки, которые описаны в главе 3 (приложение 3А.3). Странам следует установить приоритет разработки конкретных для страны коэффициентов горения и выбросов путем сосредоточения на наиболее важных сжигаемых пожнивных остатках.

### 5.2.4.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

#### Уровень 1

Данные о деятельности включают в себя оценки земельных площадей под сельскохозяйственными культурами, остатки которых обычно сжигаются. Эти данные могут быть получены по договоренности с национальными правительственными органами по сельскому хозяйству при отсутствии объективных данных, например, космической съемки. Страны могут также оценивать размеры посевных площадей на основании данных годовой продукции растениеводства и оценки средней урожайности в расчете на гектар. При отсутствии доступных национальных оценок могут использоваться статистические данные ФАО. *Эффективная практика* заключается в перекрестной проверке данных ФАО с помощью национальных источников.

#### Уровень 2

В рамках метода уровня 2 страны должны использовать более детализированные оценки площадей (например, основные типы культур по климатическим зонам) с данными темпов накоплений остатков по конкретной стране и конкретной системе управления растениеводческими хозяйствами. Это может быть осуществлено через использование более подробных результатов годовых или периодических съемок для оценки площадей земли под различными классами культур. Далее площади должны быть классифицированы по соответствующим категориям таким образом, чтобы были представлены все основные сочетания типов культур и климатических регионов с индивидуальными оценками соответствующих площадей.

#### Уровень 3

Для уровня 3 требуются данные о деятельности высокого разрешения, с детализацией от субнационального масштаба до масштаба мелкой сетки. Аналогично уровню 2 земельная площадь классифицируется на конкретные типы культур по основным климатическим и почвенным категориям и другим потенциально важным региональным переменным (например, региональные схемы практики управления), используемым в моделях. Страны должны стремиться получать оценки площадей, четко определенных в пространстве, с тем, чтобы полностью охватить возделываемые земли и не допустить переоценки или недооценки площадей. Кроме того, оценочные значения четко определенных в пространстве площадей могут быть увязаны с местными значениями выбросов и воздействиями практики управления, что будет содействовать повышению точности оценок. Данные по площади для различных систем земледелия должны соответствовать той площади, которая использовалась в предыдущих разделах («Биомасса», «Мертвое органическое вещество»), хотя остатки могут сжигаться только на части общей площади.

#### 5.2.4.4 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

Оценки площади под каждым типом сельскохозяйственной культуры, остатки которой обычно сжигаются, могут быть весьма неопределенными. Глобальные статистические данные о продукции растениеводства, которые могут служить для косвенной оценки посевной площади, могут быть очень неопределенными, если эти данные не обновляются ежегодно. Доля сельскохозяйственных остатков, сжигаемая на полях, возможно, является переменной с наибольшей степенью неопределенности. Оценки уровня 2 являются более точными, так как основываются на параметрах по конкретной стране. *Эффективная практика* состоит в предоставлении оценок погрешностей (т.е. среднеквадратическое отклонение, среднеквадратическая ошибка или диапазоны) для значений по конкретной стране для коэффициентов горения и выбросов и выжигаемых площадей.

### 5.3 ЗЕМЛИ, ПЕРЕУСТРОЕННЫЕ В ВОЗДЕЛЫВАЕМЫЕ ЗЕМЛИ

В глобальном масштабе около 50% общей поверхности земли было преобразовано непосредственно в результате деятельности человека; 20% наземных экосистем было переустроено в постоянно возделываемые земли и 25% мировых лесных площадей были расчищены для различных использований, как, например, для возделывания сельскохозяйственных культур и пастбищ (Moore, 2002). В некоторых частях мира площади возделываемых земель возросли вследствие необходимости удовлетворения растущих потребностей в пище и волокнах. Основная часть расширения площадей возделываемых земель за последние два десятилетия произошла в Юго-Восточной Азии, в некоторых частях Южной Азии, в районе Великих озер Восточной Африки и в бассейне Амазонки (Millennium Ecosystems Assessment, 2005). В течение того же периода уничтожение лесов в тропической зоне составило в среднем 12 млн. га в год в соответствии с данными Environmental Group Limited (<http://www.environmental.com.au/>). Темпы вырубки лесов в 1990-е годы составляли в среднем 14,6 млн. га в год. Преобразование в возделываемые земли является ведущим изменением землепользования вслед за обезлесением тропической зоны. Для многих стран выбросы и поглощения парниковых газов из *земель, переустроенных в возделываемые земли*, могут являться ключевым источником парниковых газов.

Оценка годовых выбросов и поглощений парниковых газов из *земель, переустроенных в возделываемые земли*, включает в себя:

- Оценки годового изменения запасов углерода с учетом всех резервуаров и источников углерода:
  - Биомасса (надземная и подземная биомасса)
  - Мертвое органическое вещество (валежная древесина и подстилка)
  - Почвы (органическое вещество почв)
- Оценки иных, чем CO<sub>2</sub>, газов (CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>) от сжигания надземной биомассы и МОВ

#### 5.3.1 Биомасса

##### 5.3.1.1 ВЫБОР МЕТОДОВ

В данном разделе представляются указания по методам расчета изменений запасов углерода в биомассе вследствие переустройства земли из естественных условий и других видов пользования в возделываемые земли, включая обезлесение и переустройство пастбищ и выпасов в возделываемые земли. Для этих методов требуются оценки углерода в запасах биомассы до переустройства и после, основанные на оценках площадей земель, переустроенных в течение периода между съемками землепользования. В результате переустройства в возделываемые земли предполагается (при уровне 1), что полностью удаляется преобладающая растительность, что ведет к выбросам, в результате чего в биомассе остаются запасы углерода в количествах, близких к нулю. Некоторые типы систем земледелия засаживаются вскоре после этого, увеличивая количество углерода, накопленного в биомассе. Разность между начальным и конечным резервуарами углерода в биомассе используется для расчета изменения запасов углерода от переустройства землепользования, а в последующие годы накопления и потери в многолетней древесной биомассе на возделываемых землях рассчитываются с использованием методов в разделе 5.2.1 (*Возделываемые земли, остающиеся возделываемыми землями*).

*Эффективная практика* заключается в учете всех резервуаров углерода (т.е. надземная и подземная биомасса, мертвое органическое вещество и почвы) при оценке изменений в запасах углерода *земель, переустроенных в возделываемые земли*. В настоящее время нет достаточной информации, чтобы представить подход по умолчанию с параметрами по умолчанию для оценки изменений запасов углерода в резервуарах мертвого органического вещества (МОВ)<sup>2</sup>. Маловероятно, чтобы МОВ играла важную роль за исключением года переустройства. Принимается допущение об отсутствии МОВ в возделываемых землях. Кроме того, указанная ниже методология учитывает только изменения в запасах углерода в надземной биомассе вследствие ограниченности данных о запасах углерода в подземной части растений на возделываемых землях с многолетними культурами.

В *Руководящих принципах МГЭИК* описываются альтернативы возрастающей сложности, которые включают большую детализацию по площадям переустроенных земель, запасам углерода на землях и потерям углерода в результате переустройства земель. *Эффективная практика* заключается в принятии соответствующего уровня в зависимости от анализа ключевого источника, имеющихся данных и национальных условий. Всем странам следует стремиться к улучшению подходов к составлению кадастров и отчетности путем перехода на более высокий уровень расчетов, насколько это возможно при конкретных национальных условиях. *Эффективная практика* состоит в использовании странами подхода уровня 2 или уровня 3, если выбросы и поглощение углерода на *землях, переустроенных в возделываемые земли*, являются ключевой категорией, и если подкатегория биомассы считается значительной, основываясь на принципах, изложенных в главе 4 тома 1. Странам следует использовать схему принятия решений на рисунке 1.3, чтобы облегчить выбор метода. Для многих стран *земли, переустроенные в возделываемые земли*, часто являются ключевой категорией, и, кроме того, биомасса часто может являться ключевым источником.

### Уровень 1

Метод уровня 1 следует подходу, изложенному в главе 4 (Лесные площади), при котором количество биомассы, удаляемой при переходе к возделываемым землям, оценивается путем умножения переустроенной за один год площади, на средний запас углерода в биомассе на лесных площадях или возделываемых землях до переустройства. *Эффективная практика* состоит в полном учете всех переустройств земель в возделываемые земли. Поэтому в настоящем разделе представлен такой метод, который включает различные виды начального землепользования, включая леса, но не ограничиваясь только ими.

В уравнении 2.15 (глава 2) обобщены основные элементы оценивания первого порядка изменений запасов углерода при переустройстве в возделываемые земли. Для каждого типа переустройства оценивается среднее изменение запасов углерода в расчете на гектар. Среднее изменение запасов углерода равно изменению запасов углерода вследствие удаления биомассы от начального землепользования (т.е. углерод в биомассе сразу же после переустройства минус углерод в биомассе до переустройства) плюс запасы углерода от роста в течение одного года на возделываемых землях после переустройства. Необходимо учитывать только любую деревянистую растительность, которая заменяет растительность, расчищенную во время переустройства землепользования. В РУЭП-ЗИЗЛХ объединяются в одночлен углерод в биомассе после переустройства и углерод в биомассе, которая произрастает на землях после переустройства. В настоящем методе они разделены на два члена,  $V_{\text{ПОСЛЕ}}$  и  $\Delta C_G$ , с тем, чтобы повысить степень прозрачности.

При уровне 1 запасы углерода в биомассе сразу же после переустройства ( $V_{\text{ПОСЛЕ}}$ ) принимаются равными нулю, так как земля очищена от всей растительности перед посадкой культур. Среднее изменение запасов углерода в расчете на гектар для данного переустройства землепользования умножается на оценочную площадь земель, подвергающихся такому переустройству в данном году. В последующие годы изменения в биомассе однолетних культур считаются равными нулю, так как поступления углерода в биомассу в результате роста компенсируются потерями при уборке. Изменения в биомассе многолетних деревянистых растений учитываются в соответствии с методологией, изложенной в разделе 2.3.1.1 (Изменение запасов углерода в биомассе земель, остающихся в той же категории землепользования).

Допущение по умолчанию для уровня 1 состоит в том, что весь углерод удаленной биомассы выходит в атмосферу в результате сжигания или процессов разложения либо на месте произрастания, либо вне его. В расчетах уровня 1 немедленные выбросы от сжигания и другие потери, связанные с переустройством, не дифференцируются.

<sup>2</sup> Любые резервуары подстилки и валежной древесины (оцениваемые с использованием методов, описанных в разделе 2.3.2 главы 2) следует считать окисленными после переустройства земель.

**Уровень 2**

Расчеты в рамках уровня 2 в структурном плане аналогичны расчетам уровня 1, но со следующими отличиями. Во-первых, уровень 2 основывается, главным образом, на оценках запасов углерода по конкретным странам при начальном и конечном землепользовании, а не на данных по умолчанию. Оценки площади для *земель, переустроенных в возделываемые земли*, детализируются в соответствии с исходной растительностью (например, на лесных площадях или пастбищах) в более подробных пространственных масштабах, с тем, чтобы зафиксировать колебания по регионам и системам земледелия значений запасов углерода для конкретной страны.

Во-вторых, в рамках уровня 2 можно изменить допущение о том, что запасы углерода сразу же после переустройства равны нулю. Это позволяет странам учитывать переходы в землепользовании, когда лишь некоторая часть (но не вся) растительности удаляется с земель начального землепользования.

В-третьих, на уровне 2 *эффективная практика* заключается в разделении потерь углерода на потери в процессе сжигания и потери в процессе разложения, если это применимо. Выбросы двуокси углерода происходят в результате сгорания и разложения при переустройствах в землепользовании. Далее, в результате сгорания происходят выбросы иных, чем CO<sub>2</sub>, газов. Разделяя потери от сжигания и разложения, страны могут также рассчитать выбросы от горения иных, чем CO<sub>2</sub>, малых газовых составляющих (раздел 5.3.4).

Непосредственные воздействия деятельности по переустройству земель на пять запасов углерода могут быть сведены в матрицу возмущений, которая описывает удержание, переносы и выбросы углерода для резервуаров исходной экосистемы, происходящие вслед за переустройством в возделываемые земли. Матрица возмущений определяет для каждого резервуара долю углерода, которая остается в данном резервуаре, и долю, которая переносится в другие резервуары. Возможно лишь небольшое число переходов, и они указаны в матрице возмущений в таблице 5.7. Матрица возмущений обеспечивает согласованность расчетов для всех резервуаров углерода.

Переходы биомассы к валежной древесине и подстилке могут быть оценены с помощью уравнения 2.20.

**Уровень 3**

Метод уровня 3 аналогичен уровню 2 со следующими отличиями: i) вместо того, чтобы полагаться на среднегодовые темпы переустройства, страны могут использовать непосредственные оценки пространственно детализированных площадей, преобразуемых ежегодно, для каждого начального и конечного вида землепользования; ii) плотности углерода и изменения в запасах углерода в почве базируются на местной конкретной информации, которая позволяет динамично связать биомассу и почвы; iii) объемы биомассы базируются на действительных данных кадастров. Переходы биомассы к валежной древесине и подстилке после переустройства землепользования могут быть оценены с помощью уравнения 2.20.

**Таблица 5.7**  
**ПРИМЕР ПРОСТОЙ МАТРИЦЫ ВОЗМУЩЕНИЙ (УРОВЕНЬ 2) ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ПЕРЕУСТРОЙСТВУ ЗЕМЕЛЬ НА РЕЗЕРВУАРЫ УГЛЕРОДА**

от \ к	Надземная биомасса	Подземная биомасса	Валежная древесина	Подстилка	Органическое вещество почвы	Заготовленные лесоматериалы	Атмосфера	Сумма ряда (должна равняться 1)
Надземная биомасса								
Подземная биомасса								
Валежная древесина								
Подстилка								
Органическое вещество почвы								

Ввести значение, соответствующее части каждого резервуара в левой стороне матрицы, которая переносится к резервуару, указанному в верху каждого столбца. Все резервуары в левой стороне матрицы должны быть полностью учтены, и, таким образом, сумма значений в каждом ряду должна быть равна 1.

Невозможные переходы зачернены.

### 5.3.1.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ/ПОГЛОЩЕНИЙ

Коэффициентами выбросов/поглощений, которые необходимы для метода по умолчанию, являются: запасы углерода до переустройства при исходном землепользовании и после переустройства в возделываемые земли; и прирост запасов углерода биомассы в течение одного года на возделываемых землях.

#### Уровень 1

В таблице 5.8 представлены значения по умолчанию запасов углерода в биомассе при исходных категориях землепользования ( $V_{ДО}$ ) (в основном для лесных земель и пастбищ). Необходимо получить значения запасов углерода для различных категорий лесных площадей и пастбищ в качестве исходного землепользования на основе типа биомы, климата, систем обработки почв и т.д. Предполагается, что вся биомасса удаляется при расчистке и подготовке места под возделываемые земли, и, таким образом, значение по умолчанию для  $V_{ПОСЛЕ}$  равно 0 тонн С/га.

Кроме того, требуется значение запасов углерода после одного года роста в культурах, высаженных после переустройства ( $\Delta C_G$ ). В таблице 5.9 представлены значения по умолчанию для  $\Delta C_G$ . Отдельно представлены величины по умолчанию для однолетних недревянистых культур и многолетних древеснистых культур. Для земель, засаженных однолетними культурами, величина по умолчанию  $\Delta C_G$  составляет 5 тонн С/га, основываясь на первоначально рекомендованной в *Руководящих принципах МГЭИК* величине в 10 тонн сухой биомассы на гектар (сухая биомасса переведена в тонны углерода в таблице 5.9). Суммарное накопление углерода в древесной биомассе многолетних культур со временем превысит суммарное значение запаса углерода по умолчанию для возделываемых земель с однолетними культурами. Однако значения по умолчанию в этом разделе представлены для одного года роста сразу же после переустройства; эти значения обычно указывают более низкие запасы углерода для многолетних древеснистых культур по сравнению с однолетними культурами.

ТАБЛИЦА 5.8 ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА ПО УМОЛЧАНИЮ В БИОМАССЕ, УДАЛЕННОЙ ВСЛЕДСТВИЕ ПЕРЕУСТРОЙСТВА ЗЕМЕЛЬ В ВОЗДЕЛЫВАЕМЫЕ ЗЕМЛИ		
Категория землепользования	Запасы углерода в биомассе перед преобразованием ( $V_{ДО}$ ) (тонны С /га)	Диапазон ошибок <sup>#</sup>
Лесные площади	См. таблицы 4.7 – 4.12 (глава 4), в которых указаны запасы углерода в диапазоне типов леса по климатическим регионам. Запасы выражены в единицах сухого вещества. Для перевода сухого вещества в углерод умножить значения на долю углерода (CF) 0,5.	См. раздел 4.3 (Земли, переустроенные в лесные площади)
Пастбищные угодья	См. главу 6, в которой указаны запасы углерода в разнообразных типах пастбищ по климатическим регионам.	$\pm 75\%$
<sup>#</sup> Представляет номинальную оценку ошибки, эквивалентную двойному среднеквадратическому отклонению, в процентах от среднего значения.		

Таблица 5.9 ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА ПО УМОЛЧАНИЮ В БИОМАССЕ, ПРИСУТСТВУЮЩЕЙ НА ЗЕМЛЯХ, ПЕРЕУСТРОЕННЫХ В ВОЗДЕЛЫВАЕМЫЕ ЗЕМЛИ, В ГОД, ПОСЛЕДУЮЩИЙ ЗА ПЕРЕУСТРОЙСТВОМ		
Тип культур по климатическому региону	Запас углерода в биомассе через один год ( $\Delta C_G$ ) (тонны С /га)	Диапазон ошибок <sup>#</sup>
Однолетние культуры	5,0	$\pm 75\%$
Многолетние культуры		
Умеренный (все режимы влажности)	2,1	$\pm 75\%$
Тропический, сухой	1,8	$\pm 75\%$
Тропический, увлажненный	2,6	$\pm 75\%$
Тропический, влажный	10,0	$\pm 75\%$

<sup>#</sup> Представляет номинальную оценку ошибки, эквивалентную двойному среднеквадратическому отклонению, в процентах от среднего значения.

## Уровень 2

Методы уровня 2 должны включать некие оценки по конкретной стране для запасов биомассы и поглощений вследствие переустройства земель, а также включать оценки потерь на месте произрастания и за его пределами вследствие сжигания и разложения после переустройства земель в возделываемые земли. Эти усовершенствования могут принимать форму систематических исследований содержания углерода, а также выбросов и поглощений, связанных с землепользованиями и преобразованиями землепользований в рамках страны, и пересмотра допущений по умолчанию в свете условий конкретной страны.

Параметры по умолчанию для выбросов в результате сжигания и разложения предоставляются. Однако странам предлагается определять конкретные для страны коэффициенты, с тем чтобы повысить точность оценок. В *Руководящих принципах МГЭИК* используется общее значение по умолчанию в 0,5 для доли биомассы, сжигаемой на месте, как для переустройства лесных площадей, так и пастбищ. Результаты научных исследований дают основание предположить, что эта доля является весьма изменчивой и может уменьшаться вплоть до 0,2 (Fearnside 2000, Barbosa and Fearnside, 1996, and Fearnside, 1990). Для ряда классов лесной растительности в главе 4 (Лесные площади) представлены обновленные данные о долях биомассы по умолчанию, сжигаемой на месте. Эти значения по умолчанию следует использовать при переходе от лесных площадей к возделываемым землям. Для нелесных первоначальных землепользований доля биомассы, оставляемая и сжигаемая на месте, по умолчанию составляет 0,35. Эти значения по умолчанию учитывают результаты исследований, которые предполагают, что указанная доля должна находиться в пределах диапазона от 0,2 до 0,5 (например, Fearnside, 2000; Barbosa and Fearnside, 1996; and Fearnside, 1990). *Эффективная практика* состоит в том, чтобы страны использовали значение 0,35 или любое другое значение в рамках указанного диапазона при условии, что обоснование для такого выбора задокументировано. Для количества биомассы, убранной и сожженной вне места произрастания, не существует значения по умолчанию; странам придется определить свое значение для этой доли, основываясь на национальных источниках данных. В главе 4 (Лесные площади) значение по умолчанию для доли биомассы, подвергшейся окислению в результате сжигания, составляет 0,9, как это первоначально указывалось в *РУЭП-ЗИЗЛХ*.

Метод для оценки выбросов от разложения предполагает, что вся биомасса разлагается в течение периода в 10 лет. Для целей отчетности страны имеют два варианта, а именно: 1) сообщать обо всех выбросах от разложения за один год, понимая при этом, что в реальности они происходят в течение десятилетнего периода, и 2) сообщать обо всех выбросах от разложения на годовой основе, оценивая темпы разложения как одну десятую общих количеств. Если страны выбирают последний вариант, то им следует добавлять в уравнение коэффициент умножения 0,10.

## Уровень 3

На уровне 3 все параметры должны быть определены конкретной страной с использованием измерений и мониторинга, а не значений по умолчанию, для получения более точных значений. Могут также использоваться модели, основанные на процессах, и функции разложения.

### 5.3.1.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Для всех уровней требуются оценки площадей земли, переустроенных в возделываемые земли. Те же оценки площадей следует использовать как для расчетов биомассы, так и почвенного углерода на *землях, переустроенных в возделываемые земли*. Для более высоких уровней требуются более подробные характеристики площадей. Как минимум площадь лесных земель и естественных пастбищ, переустроенных в возделываемые земли, должна идентифицироваться отдельно для всех уровней. Это предполагает, по крайней мере, наличие некоторых сведений о землепользовании до переустройства. Может также потребоваться заключение экспертов, если для идентификации земельной площади используется подход 1, изложенный в главе 3 данных руководящих принципов.

#### Уровень 1

Необходимы отдельные оценки площадей, переустроенных в возделываемые земли из первичных видов землепользования (т.е., лесные площади, пастбища, поселения и т.д.) в конечный тип возделываемых земель (т.е., с однолетними или многолетними культурами) ( $A_{В, \text{ДРУГИЕ}}$ ). Например, странам следует оценивать отдельно площадь тропического увлажненного леса, переустроенного в возделываемые земли с однолетними культурами, тропического увлажненного леса, переустроенного в возделываемые земли с многолетними культурами, тропического увлажненного пастбища, переустроенного в возделываемые земли с многолетними культурами и т.д. Хотя для того, чтобы другие резервуары могли уравниваться и для обеспечения согласованности с полной оценкой земельных площадей, земельные площади должны оставаться в категории переустройства в течение 20 лет (или иного периода, соответствующего национальным условиям) после преобразования. Методология предполагает, что оценки площадей основываются на использовании одногодовой временной рамки, что по всей вероятности потребует оценки на основе средних темпов переустройства землепользования, определяемых с помощью оценочных измерений в течение более длительных периодов времени. Если у стран эти данные отсутствуют, то частичные выборки можно экстраполировать на всю земельную базу, или исторические оценки переустройства могут экстраполироваться по времени, основываясь на заключении экспертов страны. При расчетах уровня 1 для оценки площади *земель, переустроенных в возделываемые земли* от каждого начального землепользования, можно использовать международные статистические данные, такие как базы данных ФАО, отчеты РУЭП МГЭИК и прочие источники, дополняемые обоснованными допущениями. Для расчетов более высокого уровня используются источники данных по конкретной стране для оценки всех возможных переустройств из первичного землепользования к конечному типу культур.

#### Уровень 2

*Эффективная практика* заключается в том, чтобы страны использовали оценки действительных площадей для всех возможных переустройств из первичного типа землепользования к конечному типу культур. Полный охват земельных площадей может достигаться либо с помощью анализа периодически получаемых путем дистанционного зондирования снимков землепользования и характера растительного покрова земли с помощью периодических наземных выборок характера землепользования, или же с использованием гибридных систем составления кадастров. Если частично имеются данные по конкретной стране более подробного разрешения, то странам рекомендуется использовать обоснованные допущения на основе наилучших имеющихся данных для экстраполяции на всю земельную базу. Исторические оценки переустройств можно экстраполировать по времени, основываясь на заключении экспертов страны.

#### Уровень 3

Данные о деятельности, используемые при расчетах уровня 3, должны полностью охватывать все переходы землепользования в возделываемые земли и детализироваться для учета различных условий в рамках страны. Детализация данных может проводиться по таким параметрам, как административное деление (графства, провинции и т.д.), биом, климат или по сочетанию этих параметров. Во многих случаях страны могут обладать информацией о многолетних тенденциях при переустройстве земель (благодаря периодическим кадастрам, основанным на выборках, или на данных дистанционного зондирования землепользования и земного покрова). Необходима периодическая разработка матрицы изменений землепользования, дающей начальные и конечные площади землепользования на разукрупненном уровне на основе снимков дистанционного зондирования и полевых съемок.

### 5.3.1.4 ЭТАПЫ РАСЧЕТОВ ДЛЯ УРОВНЯ 1 И УРОВНЯ 2

*Ниже приводится краткое перечисление действий для оценки изменения запасов углерода в биомассе ( $\Delta C_{В}$ ) с использованием методов по умолчанию:*

Пользуясь рабочим формуляром для земель, переустроенных в возделываемые земли (см. приложение 1, (Рабочие формуляры СХЛХДВЗ)), рассчитать изменение запасов углерода биомассы для земель, переустроенных в возделываемые земли:

**Этап 1:** Ввести подкатегории возделываемых земель для отчетного года. Для заполнения соответствующего столбца в рабочем формуляре могут быть также использованы подкатегории возделываемых земель, которые использовались в разделе 5.2.

**Этап 2:** Для каждой подкатегории ввести годовую площадь земель, переустроенных в возделываемые земли ( $A_{В, ДРУГИЕ}$ ). Данные о площадях под однолетними культурами могут быть получены из различных источников в стране, например, от министерства лесного хозяйства, министерства сельского хозяйства, министерства планирования или департамента картографии.

**Этап 3:** Для каждой подкатегории ввести запасы углерода в биомассе непосредственно после переустройства в возделываемые земли ( $B_{ПОСЛЕ}$ ) (в тоннах С /га). Данные по биомассе и углероду могут являться значениями по умолчанию или значениями по конкретной стране.

**Этап 4:** Для каждой подкатегории ввести запасы углерода в биомассе непосредственно до переустройства в возделываемые земли ( $B_{ДО}$ ) (в тоннах С /га). Данные по биомассе и углероду могут являться значениями по умолчанию или значениями по конкретной стране.

**Этап 5:** Рассчитать изменение запасов углерода на площади ( $C_{КОНВЕРСИЯ}$ ) для такого типа переустройства, когда земля переустраивается в возделываемую землю (уравнение 2.16).

**Этап 6:** Получить значения изменения запасов углерода для годового прироста на возделываемых землях ( $\Delta C_G$ ) и уменьшения запасов углерода в биомассе вследствие потерь ( $\Delta C_L$ ), используя таблицу 5.1. Введите эти значения в соответствующий столбец.

**Этап 7:** Рассчитать годовое изменение запасов углерода в биомассе на землях, переустроенных в возделываемые земли ( $\Delta C_B$ ), используя уравнение 2.15.

**Этап 8:** Просуммировать все годовые изменения запасов углерода в биомассе.

### 5.3.1.5 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

#### Уровень 1

Источники неопределенностей при этом методе происходят от использования глобальных или национальных средних темпов переустройства и оценок земельных площадей, переустроенных в возделываемые земли. Кроме того, сравнительно высокая степень неопределенности объясняется использованием параметров по умолчанию для запасов углерода при начальных и конечных условиях. Значения по умолчанию при данном методе имеют соответствующие связанные с ними диапазоны ошибок. Для получения данных по умолчанию, представленных в разделе 5.2, использовался опубликованный сборник результатов научных исследований по запасам углерода в системах агролесомелиорации (Schroeder, 1994). Несмотря на то, что данные по умолчанию получены на основе многочисленных исследований, связанные с ними диапазоны неопределенности не включены в эту публикацию. Поэтому предлагается уровень неопределенностей по умолчанию в  $\pm 75\%$  запасов углерода, основываясь на заключениях экспертов. Для многих стран земли, переустроенные в возделываемые земли, часто являются ключевой категорией и необходимо приложить все усилия для уменьшения соответствующих неопределенностей.

#### Уровень 2

В методе уровня 2 используются, по меньшей мере, некоторые значения по умолчанию, определенные конкретной страной, которые позволят повысить точность оценок, вследствие того, что они лучше представляют условия, соответствующие данной стране. Использование значений по конкретным странам должно сопровождаться выборками в достаточных размерах и/или экспертным заключением для оценки неопределенностей. Эти данные вместе с оценками неопределенностей для данных о деятельности, полученными с использованием приведенной в главе 3 информации, должны использоваться в подходах для анализа неопределенностей в соответствии с главой 3 тома 1 настоящего доклада.

#### Уровень 3

Данные о деятельности, полученные от систем составления кадастров землепользования и управления, должны представлять основу для присвоения оценок неопределенности площадям, связанным с изменениями землепользования. Объединение данных о выбросах и о деятельности и их соответствующих неопределенностей можно провести с использованием процедур моделирования по методу Монте-Карло, с тем чтобы оценить средние значения и доверительные интервалы для всего

кадастра. Неопределенность на данном уровне обычно меньше, чем на других уровнях, так как оценки изменений запасов углерода основаны на большем количестве измерений и более точных моделях.

### 5.3.2 Мертвое органическое вещество

Лесные площади, пастбища, поселения и прочие категории землепользования могут быть потенциально переустроены в возделываемые земли, которые в общем случае характеризуются отсутствием или небольшим количеством валежной древесины и подстилки, исключая системы агролесомелиорации. Рассмотрены методы для двух типов резервуаров мертвого органического вещества: 1) валежная древесина и 2) подстилка. В главе 1 настоящего доклада представлены подробные определения этих резервуаров.

Валежная древесина – это разнотипный резервуар углерода, который трудно измерять, с неопределенностями в показателях переноса в подстилку или почву, а также выбросах в атмосферу.

Накопление подстилки зависит от опавшей листвы, в которую входят все листья, побеги и небольшие ветви, плоды, цветы и кора, за вычетом темпов разложения. На массу подстилки оказывает влияние также время, прошедшее с момента последнего возмущения, и тип возмущения. Во время ранних стадий развития возделываемых земель подстилка быстро увеличивается. Хозяйственная деятельность, такая как заготовка и сжигание растительности, сильно изменяет запасы подстилки, однако имеется лишь очень небольшое число исследований, в которых ясно указывается влияние хозяйственной деятельности на запасы углерода в подстилке.

В общем случае валежная древесина и подстилка на возделываемых землях имеются лишь в небольших количествах или отсутствуют, и поэтому зачастую можно считать, что после переустройства запасы в этих резервуарах приближаются к нулю, исключая системы агролесомелиорации, которые могут учитываться либо в составе возделываемых земель, либо в составе лесных площадей в зависимости от принятых в стране определений по отчетности. То же самое может относиться ко многим землепользованиям до переустройства, и при этом соответствующие запасы углерода до переустройства могут также считаться равными нулю. Исключениями являются переустроенные в возделываемые земли леса, агролеса и водно-болотные угодья, которые могут обладать значительными запасами углерода в резервуарах МОВ, а также лесные площади вокруг поселений, которые могут быть определены в качестве таковых, основываясь на ближайшем использовании земли, а не на ее покрове.

Для оценки изменения запасов углерода в МОВ земель, переустроенных в возделываемые земли, на более высоких уровнях требуется двухфазный подход. На первой фазе в МОВ часто происходит резкое изменение, связанное с изменением землепользования, в частности, когда изменение заранее спланировано и связано с операциями по подготовке земель (например, расчистка и сжигание). На второй фазе учитываются процессы разложения и накопления в течение переходного периода к новой устойчивой системе. В некоторый момент времени экосистема возделываемых земель должна достичь равновесия, и к этому времени она рассматривается как *возделываемые земли, остающиеся возделываемыми землями*, и учитывается под этой категорией. Переходный период должен составлять 20 лет, но некоторые страны могут определить подходящий переходный период точнее на более высоких уровнях.

Для учета переходного периода земли, переустроенные в возделываемые земли, должны рассматриваться по группам с одинаковыми годами переустройства. Т.е. земли, переустроенные в заданный год, должны учитываться с помощью методов фазы 1 в год переустройства и с помощью методов фазы 2 в течение последующих 19 лет. К концу 20-летнего периода земельная площадь для этого заданного года добавляется к земельной площади, учитываемой в категории *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями*.

#### 5.3.2.1 ВЫБОР МЕТОДА

На рисунке 2.3 в главе 2 приводится схема принятия решений для содействия в выборе подходящего уровня для осуществления процедур оценки. Для описания изменений в запасах углерода в МОВ требуются оценки изменений в запасах для валежной древесины и подстилки (см. уравнение 2.17 в главе 2).

Каждый из резервуаров МОВ (валежная древесина и подстилка) должен рассматриваться отдельно, однако для всех этих резервуаров используется один и тот же метод.

### Уровень 1

Подход уровня 1 включает оценку площади для каждого типа переустройства земель с использованием только основных категорий переустройства (например, лесные площади в возделываемые земли). Непосредственное и резкое изменение запасов углерода (фаза1) в валежной древесине и подстилке вследствие переустройства прочих земель в возделываемые земли на уровне 1 оценивается с использованием приведенного в главе 2 уравнения 2.23.  $C_0$  в уравнении 2.23 вероятно равняется нулю, и нет необходимости деления  $T_{on}$ . На уровне 1 по умолчанию предполагается удаление всей валежной древесины и подстилки в процессе переустройства и отсутствие валежной древесины или подстилки, которая оставалась бы или накапливалась бы в *землях, переустроенных в возделываемые земли*. В странах, в которых это допущение не выполняется (например, широко практикуется подсечно-огневая система земледелия), предлагается использовать более высокие уровни при учете земель, переустроенных в возделываемые земли. Кроме того, предполагается, что возделываемые земли достигнут устойчивого состояния по биомассе в течение первого года после переустройства. Таким образом, для уровня 1 фаза 2 не имеет переходного периода, и земли, переустроенные в возделываемые земли, переходят в *возделываемые земли, остающиеся возделываемыми землями*, на второй год после переустройства.

В большинстве систем отсутствуют значения по умолчанию для валежной древесины или подстилки. Для лесов отсутствуют глобальные значения по умолчанию для валежной древесины, но имеются значения для подстилки (таблица 2.2 в главе 2). Эти значения приводятся в тоннах C /га, а не в виде запасов подстилки. Странам следует наилучшим образом оценивать и использовать местные данные, полученные от исследовательских институтов лесного и сельского хозяйства, для обеспечения наилучших оценок валежной древесины и подстилки в исходных системах перед переустройством.

### Уровень 2

Подходы уровня 2 требуют большей детализации данных, чем на уровне 1. Данные о деятельности должны сообщаться с разбиением по режимам управления. На уровне 2 также используется описанный выше двухфазный подход.

Также как рекомендовалось в вышеприведенном разделе о биомассе, данные о непосредственных воздействиях деятельности по переустройству земель на пять запасов углерода могут быть сведены в матрицу возмущений. Эта матрица описывает удержание, переносы и выбросы углерода для резервуаров исходной экосистемы, происходящие вслед за переустройством в возделываемые земли. Матрица возмущений определяет долю запаса углерода, которая остается в данном резервуаре, и долю, которая переносится в другие резервуары. Возможно лишь небольшое число переходов, и они указаны в матрице возмущений в таблице 5.7. Использование матрицы возмущений обеспечивает согласованность расчетов для всех резервуаров углерода.

Немедленное и резкое изменение запасов углерода в валежной древесине вследствие переустройства прочих земель в возделываемые земли на уровнях 2 и 3 оценивается с использованием приведенного в главе 2 уравнения 2.23, как это предлагалось на уровне 1. На протяжении переходного периода резервуары, которые получают или теряют углерод, зачастую характеризуются нелинейной кривой потерь или накоплений, которая может быть представлена с помощью матриц каскадного перехода. На уровне 2 может быть принята линейная функция изменений; подход уровня 3 на основе данного метода должен использовать действительные формы этих кривых. Для возможности оценки годового изменения в резервуарах углерода валежной древесины и подстилки указанные кривые должны быть применены к каждой группе, подвергающейся переходу в течение отчетного года.

Для расчета изменений в запасах углерода валежной древесины и подстилки в течение переходного периода предлагаются два метода:

**Метод 1** (также называется **методом поступлений-потерь**, уравнение 2.18 в главе 2): Метод 1 включает оценку площади для каждого типа переустройства земель, и среднегодового переноса в запасы валежной древесины и подстилки и из них. Для этого необходима оценка площади *земель, переустроенных в возделываемые земли*, в соответствии с различными типами климата или типами возделываемых земель; режимом управления или другими факторами, существенно влияющими на резервуары углерода валежной древесины и подстилки, и количества перенесенной биомассы в запасы валежной древесины и подстилки, а также количества перенесенной биомассы из запасов валежной древесины и подстилки в расчете на гектар и соответственно различным типам возделываемых земель.

**Метод 2** (также называется **методом разности запасов**, уравнение 2.19 в главе 2): Метод 2 включает оценку площади *земель, переустроенных в возделываемые земли*, и затем оценку запасов валежной древесины и подстилки в два момента времени  $t_1$  и  $t_2$ . Изменения запасов валежной древесины и подстилки для года кадастра получают делением изменений запасов на период времени (в годах) между двумя измерениями. Метод разности запасов оправдан для стран, имеющих периодические

кадастры. Этот метод больше подходит для стран, принимающих методы уровня 3. Методы уровня 3 используются в случае, когда страна имеет конкретные для нее коэффициенты выбросов и достаточные национальные данные. Определенная конкретной страной методология может быть основана на подробных кадастрах постоянных выборочных участков возделываемых земель и/или на моделях.

### **Уровень 3**

Для уровня 3 странам следует разработать свои собственные методологии и параметры для оценки изменений в МОВ. Эти методологии могут быть получены с использованием обоих вышеуказанных методов или могут быть основаны на других подходах. Используемый метод должен быть четко задокументирован.

Для стран, принимающих методы уровня 3, может оказаться подходящим метод 2. Методы уровня 3 используются в случае, когда страна имеет конкретные для нее коэффициенты выбросов и достаточные национальные данные. Определенная конкретной страной методология может быть основана на подробных кадастрах постоянных выборочных участков пастбищ и/или на моделях.

## **5.3.2.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ/ПОГЛОЩЕНИЙ**

**Доля углерода:** Доля углерода валежной древесины и подстилки варьирует и зависит от стадии разложения. Древесина гораздо меньше варьирует, чем подстилка, и для доли углерода может использоваться значение 0,50 тонн С / тонна с.в.

### **Уровень 1**

Для уровня 1 предполагается, что запасы углерода валежной древесины и подстилки на землях, переустроенных в возделываемые земли, полностью теряются в течение преобразования и что на этих землях после преобразования отсутствует накопление нового МОВ. В тех странах, в которых происходят значительные переустройства других экосистем в возделываемые земли, имеющие существенный компонент валежной древесины или подстилки (например, подсечно-огневая система для расчистки земель, агролесомелиорация и т.д.), предлагается собрать внутренние данные для количественного выражения этого влияния и готовить отчетность по методологиям уровня 2 или 3.

### **Уровень 2**

*Эффективная практика* состоит в использовании данных о валежной древесине и подстилке на уровне страны для различных категорий возделываемых земель, в сочетании со значениями по умолчанию, если для некоторых категорий переустройства значения по стране или региону отсутствуют. Конкретные по стране значения для переноса углерода из живых деревьев и других культур, которые заготавливаются, в остатки от заготовок и показателей разложения в случае метода 1 (метод поступлений-потерь) или итогового изменения в резервуарах МОВ в случае метода 2 (метод разности запасов) могут быть получены на основании местных коэффициентов разрастания, учитывая тип возделываемых земель, темп использования биомассы, практики заготовок и количество поврежденной растительности во время операций по заготовке. Значения по конкретной стране для режимов возмущений должны быть получены по результатам научных исследований.

### **Уровень 3**

Оценки углерода МОВ, детализированные на национальном уровне, должны быть определены как часть национального кадастра землепользования, моделей национального уровня или на основе специальной программы по кадастрам парниковых газов с периодической выборкой в соответствии с принципами, изложенными в приложении 3А.3 главы 3. Данные инвентаризации можно совместить с расчетами на моделях для охвата динамики всех резервуаров углерода, связанных с возделываемыми землями.

Методы уровня 3 предоставляют оценки большей степени определенности, чем более низкие уровни, и демонстрируют большую связь между отдельными резервуарами углерода. Некоторые страны разработали матрицы возмущений, которые предоставляют схему перераспределения углерода между различными резервуарами для каждого типа возмущения. К другим важным параметрам в смоделированном балансе углерода МОВ относятся темпы разложения, которые могут варьироваться в зависимости от типа древесины и микроклиматических условий, а также процедуры подготовки участка (например, управляемый сплошной пал или сжигание куч).

## **5.3.2.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Данные о деятельности должны согласовываться с данными о деятельности, используемыми для оценки изменений в биомассе на земельных площадях, переустроенных в возделываемые земли. Эти данные можно получить в соответствии с общими принципами, изложенными в главе 3 и описанными ранее, с использованием национальных статистических данных от лесных служб, учреждений по охране

окружающей среды, муниципальных властей, учреждений по съемке местности и картированию. Для обеспечения полноты и согласованного представления переустроенных за год земель следует проводить перекрестную проверку, с тем чтобы избежать возможных упущений или двойного учета. Данные следует разделить по общим климатическим категориям и типам возделываемых земель. Кадастры уровня 3 требуют более подробную информацию о вводе в сельскохозяйственный оборот новых возделываемых земель с уточненными данными по классам почвы, климату и пространственно-временному разрешению. Все изменения, произошедшие за ряд лет, выбранных в качестве переходного периода, должны быть включены; переходы, произошедшие раньше упомянутого переходного периода (20 лет по умолчанию), сообщаются в подразделе *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями*.

Для всех уровней требуются оценки площадей земли, переустроенных в возделываемые земли. Те же данные о площади следует использовать для расчетов биомассы и для оценок углерода мертвого органического вещества и почв. В случае необходимости, данные о площади, используемые в анализе почв, можно обобщить, с тем, чтобы соответствовать требуемому пространственному масштабу для оценок биомассы более низкого порядка. Однако на более высоких уровнях при стратификации следует учитывать основные типы почв. Данные о площади следует получать с использованием методов, описанных в главе 3. Для более высоких уровней требуется большая детализация, однако минимальные требования к кадастрам в соответствии с *Руководящими принципами МГЭИК* заключаются в том, чтобы площади переустройства леса можно было определять отдельно. Это объясняется тем, что леса обычно имеют более высокую плотность углерода до переустройства. Это означает необходимость, по меньшей мере, частичного знания матрицы изменений землепользования, и, следовательно, при использовании подходов 1 и 2 главы 3 для оценки земельной площади могут потребоваться дополнительные обследования для определения площади земель, переустроенных из лесных площадей в возделываемые земли. Как указывается в главе 3, там, где организуются обследования, часто более точные результаты дает непосредственное определение площадей, подвергающихся переустройству, чем их оценка по разности в общей площади земли, находящейся в конкретном пользовании в различные сроки.

### 5.3.2.4 ЭТАПЫ РАСЧЕТОВ ДЛЯ УРОВНЯ 1 И УРОВНЯ 2

#### Уровень 1

**Этап 1:** Определить категории переустройства земель, которые должны использоваться в данной оценке, а также репрезентативную площадь переустройства за год ( $A_{on}$ ). Данные о площади следует получать с использованием методов, описанных в главе 3. Для более высоких уровней требуется большая детализация, однако при использовании уровня 1 минимальные требования к кадастрам в соответствии с *Руководящими принципами МГЭИК* заключаются в том, чтобы площади переустройства леса можно было определять отдельно.

**Этап 2:** Для каждой категории деятельности определить запасы валежной древесины и подстилки (отдельно) в расчете на гектар до переустройства ( $\Delta C_o$ ).

**Этап 3:** Для каждой категории деятельности определить запасы в валежной древесине и подстилке (отдельно) в расчете на гектар для конкретного типа возделываемых земель после переустройства ( $\Delta C_n$ ). Для уровня 1 запасы валежной древесины и подстилки после переустройства предполагаются равными нулю.

**Этап 4:** Рассчитать итоговое изменение запасов валежной древесины и подстилки в расчете на гектар для каждого типа переустройства путем вычитания начальных запасов из конечных запасов. Отрицательное значение указывает на потери в запасе.

**Этап 5:** Преобразовать итоговое изменение в отдельном запасе в тонны С /га путем умножения итогового изменения запаса на долю углерода в запасе (0,40 тонн С / тонна с.в. для подстилки и 0,50 тонн С / тонна с.в. для валежной древесины).

**Этап 6:** Умножить итоговое изменение в каждом запасе углерода на площадь, переустроенную в течение отчетного года, чтобы получить годовое изменение в запасах углерода в валежной древесине и подстилке ( $\Delta C_{DOM}$ ).

#### Уровень 2

**Этап 1:** Определить категории переустройства земель, которые должны использоваться в данной оценке, а также репрезентативную площадь переустройства за год. При расчетах для земель, находящихся в переходной фазе, необходимы репрезентативные площади для каждой категории и при различных стадиях переустройства.

**Этап 2: Резкие изменения**

- Определить категории деятельности, которые должны использоваться в данной оценке, а также репрезентативные площади. Категория состоит из определений типа переустройства и, если это применимо, типа управления предыдущим земным покровом и управления возделываемыми землями, например: «переустройство вырубленного сезонного тропического леса в возделываемые земли под зерновые культуры».
- Для каждой категории деятельности определить запасы валежной древесины и подстилки (отдельно) в расчете на гектар до переустройства.
- Для каждой категории деятельности определить запасы в валежной древесине и подстилке (отдельно) в расчете на гектар по результатам одного года переустройства в возделываемые земли.
- Рассчитать итоговое изменение запасов валежной древесины и подстилки в расчете на гектар для каждого типа переустройства путем вычитания начальных запасов из конечных запасов. Отрицательное значение указывает на потери в запасе.
- Преобразовать итоговое изменение в отдельном запасе в тонны С /га, как указано для уровня 1.
- Умножить итоговое изменение в каждом запасе углерода на площадь, переустроенную в течение отчетного года.

**Этап 3: Переходные изменения**

- Определить категории и группы деятельности, которые должны использоваться в данной оценке, а также репрезентативные площади. Категория состоит из определений типа переустройства и, если это применимо, типа управления предыдущим земным покровом и управления возделываемыми землями, например: «переустройство вырубленного сезонного тропического леса в пастбище с экзотическими травами для выпаса скота».
- Определить годовые темпы изменений для запасов валежной древесины и подстилки (отдельно) с разделением по типу деятельности, используя либо метод 1 (метод поступлений-потерь), либо метод 2 (метод разности запасов) (см. ниже) для каждой группы земель, которые в текущий момент времени пребывают в переходной фазе между переустройством и новым устойчивым состоянием системы возделываемых земель.
- Определить запасы валежной древесины и подстилки для группы на протяжении предыдущего года (данные обычно берутся из предыдущего кадастра).
- Рассчитать изменение запасов валежной древесины и подстилки для каждой группы путем добавления темпов итогового изменения к запасам предыдущего года.
- Преобразовать итоговое изменение в отдельном запасе в тонны С /га, как описано для уровня 1.
- Умножить итоговое изменение в каждом запасе углерода на площадь каждой группы для отчетного года.

**Метод 1 (метод поступлений-потерь; см. уравнение 2.18 в главе 2)**

- Определить среднегодовые поступления валежной древесины и подстилки (отдельно).
- Определить среднегодовые потери валежной древесины и подстилки (отдельно).
- Определить темпы итогового изменения в валежной древесине и подстилке путем вычитания отдачи из поступлений.
- Для подхода уровня 2 требуются коэффициенты изменений запасов по конкретной стране и конкретной системе земледелия и должны использоваться (и документироваться) наилучшие имеющиеся местные данные.

**Метод 2 (метод разности запасов; см. уравнение 2.19 в главе 2)**

- Определить временной интервал кадастра, средние запасы валежной древесины и подстилки при начальной инвентаризации и средние запасы валежной древесины и подстилки при конечной инвентаризации.
- Использовать эти данные для расчета итогового изменения в запасах валежной древесины и подстилки путем вычитания начального запаса от конечного запаса и деления этой разности на количество лет между инвентаризациями. Отрицательное значение указывает на потери в запасе.

- Для подхода уровня 2 требуются коэффициенты изменений запасов по конкретной стране и конкретной системе земледелия и должны использоваться (и документироваться) наилучшие имеющиеся местные данные.

### 5.3.2.5 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

В этом разделе рассматриваются неопределенности по конкретным источникам, связанные с оценками для земель, переустроенных в возделываемые земли. К числу источников неопределенности относятся такие слагаемые, как степень точности в оценках площадей земли, увеличение и потери углерода, запас углерода, доля выжженной площади земли и коэффициент разрастания. Оценки ошибок (т.е. среднеквадратическое отклонение, среднеквадратическая ошибка или диапазоны) должны рассчитываться для каждого из этих определяемых по странам слагаемых, используемых в основной оценке неопределенности.

#### Неопределенности коэффициентов выбросов

Эти неопределенности такие же, как неопределенности, связанные с оценкой подстилки и запасов мертвого органического вещества, которые рассчитываются на единицу площади предыдущего землепользования. В случаях, когда на возделываемых землях в резервуарах подстилки и мертвого органического вещества предполагается нулевая концентрация углерода, нет необходимости оценивать неопределенности. В противном случае неопределенности должны оцениваться путем анализа местных данных, и обе должны быть больше множителя, равного примерно 2.

#### Данные о деятельности.

Данные о площадях и оценки неопределенности должны быть получены с использованием методов, изложенных в главе 3. Подходы уровней 2 и 3 можно также использовать с данными о деятельности более высокого разрешения, такими как оценки площадей для различных климатических регионов или для систем управления возделываемыми землями в рамках национальных границ. Это позволит снизить уровни неопределенности в увязке с коэффициентами накопления углерода, определенными при том же разрешении.

### 5.3.3 Почвенный углерод

Обычно в возделываемые земли переустраиваются некультуренные земли, управляемые лесные площади и пастбища, но иногда в возделываемые земли переустраиваются водно-болотные угодья и редко – поселения. Независимо от типа почвы (т.е. минеральная или органическая) переустройство земель в возделываемые земли в большинстве случаев приводит к потере углерода почвы в течение нескольких лет, следующих за переустройством (Mann, 1986; Armentano and Menges, 1986; Davidson and Ackerman, 1993). К возможным исключениям относятся ирригация ранее засушливых земель и переустройство деградированных земель в возделываемые земли.

*Перед тем, как приступить к рассмотрению специальных руководящих принципов, касающихся запасов углерода в возделываемых землях, необходимо ознакомиться с общей информацией и указаниями по оценке изменений запасов почвенного углерода, которые приводятся в разделе 2.3.3 главы 2 (включая уравнения). Для земель, переустроенных в возделываемые земли, общее изменение в запасах почвенного углерода оценивается с помощью уравнения 2.24 (глава 2), которое сочетает изменение в запасах почвенного органического углерода (запасы SOC) для минеральных и органических почв и изменения запасов, связанные с резервуарами почвенного неорганического углерода (только уровень 3). В данном разделе представлены специальные указания для оценки изменений запасов почвенного органического углерода; см. раздел 2.3.3.1, где приводится общее обсуждение в отношении почвенного неорганического углерода (в данной главе о возделываемых землях никакие дополнительные указания не предоставляются).*

Для учета изменений в запасах почвенного углерода, связанных с землями, переустроенными в возделываемые земли, страны должны располагать как минимум оценками площадей земель, переустроенных в возделываемые земли, в течение временного периода кадастра. При ограниченных данных о землепользовании и управлении в качестве исходной посылки могут использоваться обобщенные данные, как, например, статистика ФАО, наряду со знаниями экспертов страны о примерном распределении типов переустраиваемых землепользований и связанных с ними систем управлений. Если прежние землепользования и преобразования неизвестны, то изменения запасов SOC могут быть все же подсчитаны с помощью методов, рекомендованных для *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями*, но площадь земельной базы возделываемых земель в текущем году, по-видимому, изменится по сравнению с начальным годом кадастра. Тем не менее, важно, чтобы

общая земельная площадь по всем секторам землепользования была одинаковой на протяжении временного периода кадастра (например, если на протяжении временного периода кадастра 7 млн. га лесных площадей и пастбищ переустраиваются в возделываемые земли, то в последний год кадастра к возделываемым землям добавится 7 млн. га, а пастбища и леса соответственно потеряют эти 7 млн. га в последнем году кадастра). *Земли, переустроенные в возделываемые земли*, стратифицируются соответственно климатическим регионам и основным типам почв, что может основываться на классификациях по умолчанию или по конкретной стране. Это может быть выполнено с помощью наложений климатических и почвенных карт в сочетании с использованием подробных пространственных данных о местоположении переустройств земель.

### 5.3.3.1 ВЫБОР МЕТОДА

Кадастры могут разрабатываться с использованием подхода уровня 1, 2 или 3; при этом каждый последующий уровень требует более подробных данных и больше ресурсов, чем предыдущий уровень. Возможно также, что странами будут использованы различные уровни для подготовки оценок отдельных подкатегорий почвенного углерода (т.е. изменения запасов органического углерода в минеральных почвах и органических почвах и изменения запасов, связанных с резервуарами неорганического углерода почв). Для того, чтобы помочь составителям кадастров в выборе подходящего уровня для инвентаризации почвенного углерода в разделе 2.3.3.1 (глава 2) приводятся схемы принятия решений для минеральных почв (рисунок 2.4) и органических почв (рисунок 2.5).

#### *Минеральные почвы*

##### **Уровень 1**

Изменения запасов почвенного органического углерода для минеральных почв могут быть оценены для переустройства землепользования в возделываемые земли с использованием уравнения 2.25 в главе 2. Для уровня 1 начальный (перед переустройством) запас почвенного органического углерода ( $SOC_{(0-T)}$ ) и запас углерода в последний год временного периода кадастра ( $SOC_0$ ) определяются на основании эталонных запасов почвенного органического углерода по умолчанию ( $SOC_{REF}$ ) и коэффициентов изменения запасов по умолчанию ( $F_{LU}$ ,  $F_{MG}$ ,  $F_I$ ). Годовые темпы изменений запасов оцениваются как разность в запасах (по времени), деленная на временной промежуток ( $D$ ), соответствующий коэффициентам изменения запасов (по умолчанию составляет 20 лет) для возделываемых земель.

##### **Уровень 2**

Метод уровня 2 для минеральных почв также использует уравнение 2.25 (глава 2), однако связан с эталонными коэффициентами запасов и/или изменений запасов углерода по конкретной стране и, возможно, с более детализированными данными о деятельности по землепользованию и окружающей среде.

##### **Уровень 3**

Методы уровня 3 связаны с более детальными и конкретными по стране моделями и/или подходами, основанными на измерениях, наряду с высокой степенью разбиения данных землепользования и управления. Подходы уровня 3 оценивают изменение почвенного углерода в результате переустройства землепользования в возделываемые земли и могут использовать модели, комплекты данных и/или сети мониторинга. По-возможности рекомендуется, чтобы методы уровня 3 объединялись с оценками удаления биомассы и переработки остатков растений после расчистки (включая древесные лесосечные отходы и подстилку), поскольку изменения при удалении и переработке остатков (например, сжигание, подготовка места) оказывают влияние на вклад углерода в образование органического вещества почвы и потери углерода вследствие разложения и сжигания. Важно, чтобы модели оценивались по независимым данным наблюдений на полевых участках конкретной страны или конкретного региона, которые являются репрезентативными для взаимодействий климата, управления почвами и возделываемыми землями в отношении изменений в запасах углерода в почве после переустройства.

#### *Органические почвы*

##### **Уровни 1 и 2**

С *землями, переустроенными в возделываемые земли* на органических почвах, в течение временного периода кадастра обращаются как с длительно возделываемыми органическими почвами. Потери углерода рассчитываются с использованием уравнения 2.26 (глава 2). Дополнительные указания по подходам уровней 1 и 2 приводятся в разделе о *возделываемых землях, остающихся возделываемыми землями* (раздел 5.2.3).

**Уровень 3**

Подход уровня 3 связан с более детальными и конкретными по стране моделями и/или подходами, основанными на измерениях, наряду с высокой степенью разбиения данных землепользования и управления (дополнительную информацию см. в приведенном выше разделе о минеральных почвах).

### 5.3.3.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ИЗМЕНЕНИЙ ЗАПАСОВ И ВЫБРОСОВ

#### Минеральные почвы

**Уровень 1**

Для некультуренных неуправляемых земель, а также для управляемых лесных площадей, поселений и номинально управляемых пастбищ с невысокими режимами возмущений, запасы углерода в почве принимаются равными эталонным значениям (т.е. коэффициенты землепользования, возмущения (только для лесов), управления и поступлений равны 1), в то время как для представления предшествовавших систем землепользования, которые не находятся в эталонных условиях, таких как улучшенные и деградированные пастбища, необходимо будет применять подходящие коэффициенты изменения запаса. Необходимо будет также применить соответствующий коэффициент изменения запасов для представления влияний поступлений и управления на запасы почвенного углерода в новой системе возделываемых земель. Эталонные запасы углерода по умолчанию приводятся в таблице 2.3 (глава 2). Коэффициенты изменения запасов по умолчанию приводятся в главе о соответствующем землепользовании.

Коэффициенты изменений запасов для переустройств переходных землепользований в возделываемые земли приводятся в таблице 5.10 и зависят от продолжительности периода нахождения под паром (восстановление растительности) в системе сменной культивации, представляя средний запас почвенного углерода на протяжении цикла выращивания культуры – парования. Созревший пар означает ситуации, когда невозделываемая растительность (например, леса) восстанавливается для зрелого или близкого к зрелому состоянию, прежде чем снова быть расчищенной для возделывания, в то время как при укороченном паре восстановление растительности не достигается в полной мере перед повторной расчисткой. Если земля уже находится в состоянии чередующейся обработки и переустраивается в постоянные возделываемые земли (или другие виды использования), коэффициенты изменений запасов, представляющие чередующуюся обработку, обеспечат «начальные» запасы углерода ( $SOC_{(0-T)}$ ) при расчетах с использованием уравнения 2.25 (глава 2).

Тип значения коэффициента	Уровень	Климатический режим	Значения по умолчанию МГЭИК	Ошибка#	Определение
Землепользование	Естественный лес или пастбища (недеградированные)	Все	1	NA	Представляет естественные или долговременные, недеградированные и устойчиво управляемые леса и пастбища.
		Тропический	1	NA	
Землепользование	Сменная обработка - укороченный период пара	Тропический	0,64	$\pm 50\%$	Постоянная сменная обработка, при которой тропический лес или лесные площади расчищаются для посадки однолетних культур на короткий период времени (например, 3-5 лет), а затем оставляются для порослевого возобновления леса.
	Сменная обработка - зрелый пар	Тропический	0,8	$\pm 50\%$	
Землепользование, управление и поступления	Управляемый лес	(значение по умолчанию равно 1)			
Землепользование, управление и поступления	Управляемые пастбища	(см. значения по умолчанию в таблице 6.2)			
Землепользование, управление и поступления	Возделываемые земли	(см. значения по умолчанию в таблице 5.5)			

# Представляет номинальную оценку ошибки, эквивалентную двум среднеквадратическим отклонениям, в виде процентной доли от среднего значения. NA означает «неприменимо», где значения коэффициента образуют определенные эталонные значения.

**Уровень 2**

Оценка коэффициентов изменений запаса по конкретной стране является, возможно, наиболее важным усовершенствованием, связанным с подходом уровня 2. Различия в запасах почвенного органического углерода между землепользованиями рассчитываются относительно эталонного состояния с использованием коэффициентов землепользования ( $F_{LU}$ ). Затем, для дальнейшего уточнения запасов углерода новой системы возделываемых земель используются коэффициенты поступления ( $F_I$ ) и коэффициенты управления ( $F_{MG}$ ). Дополнительные указания о том, как получить эти коэффициенты изменений запасов, приводятся в разделе о *возделываемых землях, остающихся возделываемыми землями* (раздел 5.2.3.2). Для других категорий землепользования см. соответствующие главы, где приводится конкретная информация о получении коэффициентов изменений запаса (для лесных площадей см. раздел 4.2.3.2, для пастбищ - 6.2.3.2, для поселений - 8.2.3.2 и для прочих земель - 9.3.3.2).

При подходе уровня 2 эталонные запасы углерода могут быть также получены на основании данных по конкретной стране. Тем не менее, эталонные значения должны быть согласованными по землепользованиям (т.е. лесные площади, возделываемые земли, пастбища, поселения, прочие земли) и, таким образом, должны быть скоординированы между различными командами, выполняющими инвентаризации почвенного углерода для СХЛХДВЗ.

**Уровень 3**

Оценка постоянных коэффициентов темпов изменений запасов вместо переменных коэффициентов маловероятна, так как последние более точно описывают влияния землепользования и управления. См. дальнейшие обсуждения в разделе 2.3.3.1 главы 2.

**Органические почвы****Уровни 1 и 2**

С *землями, переустроенными в возделываемые земли* на органических почвах, в течение временного периода кадастра обращаются как с длительно возделываемыми органическими почвами. Коэффициенты выбросов уровня 1 приводятся в таблице 5.6, тогда как коэффициенты выбросов уровня 2 получаются по данным для конкретной страны или конкретного региона.

**Уровень 3**

Оценка постоянных коэффициентов выбросов вместо переменных коэффициентов маловероятна, так как последние более точно описывают влияния землепользования и управления. См. дальнейшие обсуждения в разделе 2.3.3.1 главы 2.

**5.3.3.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ****Минеральные почвы****Уровни 1 и 2**

В целях оценки изменения запасов почвенного углерода оцениваемая площадь для *земель, переустроенных в возделываемые земли*, должна быть стратифицирована в соответствии с основными климатическими регионами и типами почв. Это может быть основано на наложении соответствующих климатических и почвенных карт и подробных пространственных данных о местоположении переустройств земель. Подробные описания схем классификации климата и почв по умолчанию приводятся в приложении 3А.5 главы 3. В главах, посвященных каждому из землепользований, приводится конкретная информация, касающаяся обработки данных о землепользовании / деятельности по управлению (для лесных площадей см. раздел 4.2.3.3, для возделываемых земель - 5.2.3.3, для пастбищ - 6.2.3.3, для поселений - 8.2.3.3 и для прочих земель - 9.3.3.3).

Важным моментом в оценке воздействия *земель, переустроенных в возделываемые земли*, на запасы органического углерода в почве являются данные о типе землепользования и хозяйственной деятельности. Данные о деятельности, собранные с использованием подхода 2 или 3 (см. главу 3, где обсуждаются подходы), составляют основу для определения предыдущего землепользования для *земель, переустроенных в возделываемые земли*. В противоположность этому, обобщенные данные (подход 1, глава 3) дают только общую площадь в каждом землепользовании в начале и в конце периода кадастра (например, 1985 и 2005 гг.). Данные подхода 1 недостаточны для определения конкретных переходов. В данном случае все возделываемые земли будут отнесены в отчетности к категории *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями*, и переходы фактически становятся ступенчатыми изменениями на ландшафте. Это придает особую важность достижению согласованности между всеми земельными секторами для обеспечения постоянства общей земельной базы во времени; при этом в пределах отдельных секторов на протяжении каждого года кадастра какие-то земельные площади будут утеряны и какие-то – приобретены в связи с изменением землепользования.

**Уровень 3**

Для применения кадастра, основанного на динамических моделях и/или данных непосредственных измерений, на уровне 3 требуются аналогичные или более подробные по сравнению с методами уровней 1 и 2 сведения о сочетаниях данных, касающихся климата, почвы, топографии и управления, но при этом точные требования будут зависеть от используемой модели или схемы измерений.

**Органические почвы****Уровни 1 и 2**

С землями, переустроенными в возделываемые земли на органических почвах, в течение временного периода кадастра обращаются как с длительно возделываемыми органическими почвами; указания по данным о деятельности обсуждаются в разделе 5.2.3.3.

**Уровень 3**

Аналогично случаю с минеральными почвами для подходов уровня 3 чаще всего требуется более подробная информация о сочетаниях данных, касающихся климата, почвы, топографии и управления. По сравнению с методами уровней 1 и 2 точные требования будут зависеть от используемой модели или схемы измерений.

**5.3.3.4 ЭТАПЫ РАСЧЕТОВ ДЛЯ УРОВНЯ 1****Минеральные почвы**

Этапы для определения  $SOC_0$  и  $SOC_{(0-T)}$  и итогового изменения запасов углерода в почве на гектар площади земель, переустроенных в возделываемые земли на минеральных почвах, указаны ниже:

**Этап 1:** Организовать данные в соответствии с временными периодами кадастра, основанными на годах, в которые производился сбор данных о деятельности (например, с 1990 по 1995 гг., с 1995 по 2000 гг. и т.д.)

**Этап 2:** Определить площади земель, переустроенных в возделываемые земли, с разбивкой по типам минеральных почв и климатических регионов, имеющих в стране в начале первого временного периода кадастра. Первый год временного периода кадастра зависит от временного интервала данных о деятельности (0-T; например, 5, 10 или 20 лет назад).

**Этап 3:** В случае пастбищ, переустроенных в возделываемые земли, классифицировать предшествовавшие пастбища по соответствующим системам хозяйствования/ управления с помощью рисунка 6.1. Для других землепользований на уровне 1 никаких классификаций не требуется.

**Этап 4:** Выбрать значения местного эталонного запаса углерода ( $SOC_{REF}$ ) на основе типа климата и почвы из таблицы 2.3.

**Этап 5:** Выбрать коэффициент землепользования ( $F_{LU}$ ), коэффициент управления ( $F_{MG}$ ) и уровни поступления углерода ( $F_I$ ) для каждого пастбища на основе классификации по управлению (Этап 2). Значения  $F_{LU}$ ,  $F_{MG}$  и  $F_I$  для пастбищ представлены в таблице 6.2. Для всех других землепользований значения приняты равными 1.

**Этап 6:** Найти произведение коэффициентов ( $F_{LU}$ ,  $F_{MG}$ ,  $F_I$ ) и эталонного запаса почвенного углерода, чтобы оценить «начальный» запас органического углерода в почве ( $SOC_{(0-T)}$ ) для периода кадастра.

**Этап 7:** Оценить конечный запас почвенного органического углерода ( $SOC_0$ ) путем повторения этапов 1 - 5, используя тот же местный эталонный запас углерода ( $SOC_{REF}$ ), но с коэффициентами землепользования, управления и поступления, которые представляют условия для возделываемой земли в последнем году (нулевой год) кадастра.

**Этап 8:** Оценить среднегодовое изменение в запасах почвенного органического углерода для земель, переустроенных в возделываемые земли, ( $\Delta C_{\text{Минерал}}$ ) путем вычитания «начального» запаса почвенного органического углерода ( $SOC_{(0-T)}$ ) от конечного запаса почвенного органического углерода ( $SOC_0$ ) и деления полученной разности на временной промежуток, соответствующий коэффициентам изменения запасов углерода (т.е. 20 лет при использовании коэффициентов по умолчанию). Примечание: если временной период кадастра превышает 20 лет, то делить необходимо на разность между начальным и конечным годом временного периода.

**Этап 9:** Повторить этапы 2 – 8 при наличии дополнительных периодов в кадастре (например, с 1990 по 2000, с 2001 по 2010 гг. и т.д.). Необходимо отметить, что земли, переустроенные в возделываемые земли, сохраняют это обозначение в течение 20 лет. Поэтому в случае продолжительности периодов кадастра менее 20 лет может потребоваться обращение к предыдущему периоду кадастра для того, чтобы

оценить относится ли какой-либо земельный участок к *землям, переустроенным в возделываемые земли* или к *возделываемым землям, остающимся возделываемыми землями*.

Ниже приводится числовой пример для лесных площадей, переустроенных в возделываемые земли на минеральных почвах, с использованием уравнения 2.25, эталонных запасов углерода по умолчанию (таблица 2.3) и коэффициентов изменений запасов (таблица 5.5).

Пример: Для леса на вулканических почвах в тропической увлажненной среде:  $SOC_{Ref} = 70$  тонн С /га. Для всех лесных почв (и для естественных пастбищ) значения по умолчанию для коэффициентов изменения запасов ( $F_{LU}$ ,  $F_{MG}$ ,  $F_I$ ) равны 1; отсюда  $SOC_{(0-T)} = 70$  тонн С /га. Если земли переустраиваются в возделываемые земли под однолетними культурами с интенсивной обработкой и низкими поступлениями углерода в остатках, то  $SOC_0 = 70$  тонн С /га  $\bullet 0,48 \bullet 1 \bullet 0,92 = 30,9$  тонн С /га. Таким образом, среднегодовое изменение в запасах углерода в почвах для данной площади за период кадастра рассчитывается как  $(30,9 \text{ тонн С /га} - 70 \text{ тонн С /га}) / 20 \text{ лет} = -2,0 \text{ тонн С /га} \times \text{год}$ .

### **Органические почвы**

Этапы расчетов и пример такие же, как в вышеприведенном разделе 5.2.3.4.

#### **5.3.3.5 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ**

Анализ неопределенностей для *земель, переустроенных в возделываемые земли*, в основном такой же как для *возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями*. Существуют три широких источника неопределенностей: 1) неопределенности в данных по землепользованию и хозяйственной деятельности и в данных об окружающей среде; 2) неопределенности в эталонных запасах углерода почвы при использовании подхода уровня 1 или 2 (только для минеральных почв); и 3) неопределенности в коэффициентах изменения запасов и выбросов для подходов уровня 1 или 2, ошибка структуры/параметра модели для основанных на использовании моделей подходов уровня 3 или ошибка измерения / изменчивость выборки, связанная с основанными на измерениях кадастрами уровня 3. Дополнительную информацию можно найти в разделе о неопределенностях, относящихся к *возделываемым землям, остающимся возделываемыми землями* (раздел 5.2.3.5).

#### **5.3.4 Выбросы иных, чем CO<sub>2</sub>, парниковых газов, образующиеся при сжигании биомассы**

Для многих стран выбросы парниковых газов в результате переустройства невозделываемых земель, в частности, лесных площадей и пастбищ в возделываемые земли, могут являться ключевой категорией. Выбросы парниковых газов от *земель, переустроенных в возделываемые земли*, происходят в результате неполного сгорания биомассы и мертвого органического вещества (МОВ) в исходной категории землепользования до переустройства. Выбросы CO<sub>2</sub> учитываются в новой категории землепользования (*земли, переустроенные в возделываемые земли*). Важнейшие из рассматриваемых в данном разделе иных, чем CO<sub>2</sub>, выбросов происходят в результате переустройства лесных площадей в возделываемые земли, но эти выбросы могут происходить также в результате переустройства из пастбищ в возделываемые земли. Переустройство в возделываемые земли из других категорий землепользования (поселения, водно-болотные угодья и прочие земли) маловероятно.

В тропической зоне обычной практикой является последовательное выжигание лесосечных отходов до тех пор, пока большая часть (или все) лесосечных отходов и МОВ не будут убраны и можно будет вести сельское хозяйство. Иногда бывает необходимо проводить до трех или четырех выжиганий. Часть наземной лесной биомассы, изъятая в процессе переустройства лесов в возделываемые земли, может переноситься в заготовленные лесоматериалы, а некоторое количество может изыматься с места заготовки или сбора для использования в качестве топливной древесины (т.е. сжигание за пределами места заготовки или сбора). Все, что остается, обычно сжигается на месте.

Методы для оценки выбросов CO<sub>2</sub> в результате пожаров для *земель, переустроенных в возделываемые земли*, описываются в разделе 2.4 главы 2.

Иные, чем CO<sub>2</sub>, выбросы в результате сжигания биомассы на неуправляемых лесных площадях в случае последующего переустройства землепользования должны сообщаться в отчетности, так как переустроенные земли считаются управляемыми землями.

Для оценки иных, чем CO<sub>2</sub>, выбросов в результате сжигания биомассы на землях, переустроенных в возделываемые земли, должен использоваться такой же по существу подход, как для возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями.

### 5.3.4.1 ВЫБОР МЕТОДА

В приведенной на рисунке 2.6 в главе 2 схеме принятия решений даются указания по выбору уровня, который должен применяться странами при сообщении в отчетности об иных, чем CO<sub>2</sub>, выбросах из земель, переустроенных в возделываемые земли. Странам, в которых в существенных масштабах происходит переустройство невозделываемых земель, в частности, лесных площадей, в возделываемые земли, следует стремиться применять методы уровня 2 или 3.

Выбор метода непосредственно связан с доступностью национальных данных о площади выжженных переустроенных земель, массе доступного топлива и коэффициентах горения и выбросов. При использовании более высоких уровней для представления количества биомассы, удаляемой при переустройстве и переносимой в заготовленные лесоматериалы (если это применимо), изымаемой для использования в качестве топлива и сжигаемой за пределами места заготовки или сбора, применяются данные по конкретной стране о массе имеющегося топлива.

В случаях, когда выбросы парниковых газов в результате сжигания биомассы на землях, переустроенных в возделываемые земли, являются ключевой категорией, странам следует стремиться к использованию метода уровня 2 или уровня 3 при подготовке отчетности. Если соответствующие модели разработаны и проверены, то странам следует применять метод уровня 3 даже в том случае, когда земли, переустроенные в возделываемые земли, не являются ключевой категорией.

### 5.3.4.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

#### Уровень 1

Для оценки выбросов парниковых газов важное значение имеет масса сжигаемого топлива. Данные по умолчанию, помогающие оценить выбросы при подходе уровня 1, приводятся в таблицах 2.4 – 2.6 главы 2. Страны должны сами решать насколько их типы растительности соответствуют широким категориям растительности, описанным в таблицах по умолчанию. На уровне 1 следует предположить, что весь углерод надземной биомассы и МОВ в землях предыдущей категории теряется непосредственно после переустройства. Значения по умолчанию для биомассы до переустройства приводятся в главах о соответствующих землепользованиях (например, коэффициенты по умолчанию для лесных площадей приводятся в главе, касающейся биомассы на лесных площадях). Для расчета иных, чем CO<sub>2</sub>, выбросов должны использоваться оценки количества фактически сгоревшего топлива (таблица 2.4).

#### Уровень 2

В методе уровня 2 должны использоваться оценки массы имеющегося топлива по конкретной стране. В случае лесных площадей, переустроенных в возделываемые земли, данные следует разделить по типам лесов. Необходимо разработать коэффициенты горения и выбросов, которые лучше отражают национальные условия (климатическую зону, биом, условия сжигания), и определить диапазоны неопределенностей. Кроме того, в отличие от уровня 1, на котором предполагалось, что весь углерод надземной биомассы и МОВ теряется непосредственно после переустройства, в методе уровня 2 должны оцениваться переносы биомассы в заготовленные лесоматериалы и топливную древесину (сжигаемую за пределами места заготовки или сбора) для получения более надежной оценки массы доступного для горения топлива.

#### Уровень 3

На уровне 3 все параметры, требуемые для оценки выбросов CO<sub>2</sub> и иных, чем CO<sub>2</sub>, газов, должны разрабатываться по конкретной стране для различных типов земель, подвергающихся переустройству в возделываемые земли.

### 5.3.4.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Данные о деятельности, необходимые для оценки иных, чем CO<sub>2</sub>, выбросов в результате сжигания биомассы, относятся к площади, затрагиваемой этой деятельностью. Странам следует стратифицировать площадь, переустроенную в возделываемые земли, с разделением на переустроенные лесные площади и пастбища, так как количество доступного для горения топлива может сильно варьировать от одной категории землепользования к другой. Наиболее важным является переустройство лесных площадей в возделываемые земли вследствие большого количества затрагиваемой переустройством биомассы в

расчете на гектар. *Эффективная практика* заключается в обеспечении того, чтобы данные о площади, используемые для оценки иных, чем CO<sub>2</sub>, выбросов, согласовывались с данными, используемыми в разделах о биомассе и МОВ.

#### **Уровень 1**

Страны, применяющие метод уровня 1, должны оценивать площади, переустроенные в возделываемые земли из первичных землепользований (лесные площади, пастбища и т.д.). Страны, использующие подход 1 из главы 3, должны стремиться к дальнейшей стратификации земель, переустроенных в возделываемые земли из различных категорий землепользования. Переустройства должны оцениваться на ежегодной основе. Оценки могут быть получены путем применения темпов переустройства в возделываемые земли к общей площади ежегодно возделываемых культур. Темпы могут быть оценены на основе знаний истории, заключения экспертов страны и/или выборки переустроенных площадей и оценки конечных землепользований. В качестве альтернативы оценки могут быть получены с использованием данных из международных источников, таких как ФАО, для оценки ежегодно переустроенных площадей лесов и пастбищ, а также с использованием экспертного заключения для оценки доли от этой площади, переустроенной в возделываемые земли.

#### **Уровень 2**

Странам следует, по возможности, использовать оценки фактических площадей для всех возможных переустройств к возделываемым землям. Данные мультитременного дистанционного зондирования достаточного разрешения должны обеспечивать более лучшие оценки переустройства землепользования по сравнению с подходами, используемыми на уровне 1. Анализ может основываться на полном охвате территории или на площадях отобранных репрезентативных выборок, на основании которых могут быть получены оценки площади, переустроенной в возделываемые земли, по всей территории.

#### **Уровень 3**

Данные о деятельности на уровне 3 должны основываться на методе подхода 3, представленного в главе 3, где оценивается суммарная годовая площадь, переустроенная в возделываемые земли (из лесных площадей, пастбищ или прочих категорий землепользования). *Эффективная практика* заключается в разработке матрицы изменений землепользования, как предлагается в главе 3, пространственно определенным образом. Данные должны детализироваться в соответствии с типом биомы, климата, почвы и политическими границами или по сочетанию этих параметров.

### **5.3.4.4 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ**

#### **Уровень 1**

Источники неопределенности i) использование глобальных или национальных средних темпов переустройства или грубых оценок земельных площадей, переустроенных в возделываемые земли; ii) оценка площади переустроенных земель, которая выжигается; iii) масса доступного топлива; и iv) коэффициенты сгорания и выбросов. Данные о неопределенностях, связанных с коэффициентами выбросов и сгорания, предоставляются; неопределенности, связанные с пунктами i) и ii) могут существенно варьировать в зависимости от используемого в оценках метода.

В результате этих неопределенностей маловероятно, чтобы при использовании методов уровня 1 оценка выжигаемой площади была бы известна с большей точностью, чем 20%, а выбросы на единицу площади находились бы в пределах 2-х кратного значения.

#### **Уровень 2**

Использование оценок площади из более надежных источников (данные дистанционного зондирования, выборочный подход) увеличивает точность по сравнению с уровнем 1 и подходом 1 главы 3. Эти источники также дают более лучшие оценки переустройства и выжигаемых площадей. Учет биомассы, переносимой к заготавливаемым лесоматериалам или удаляемой с места произрастания в качестве топливной древесины, и биомассы, оставляемой разлагаться на месте, приведет к уменьшению отклонения (переоценки) в оценках. Оценки коэффициентов выбросов или сгорания позволят оценить связанные с землями, переустроенными в возделываемые земли, неопределенности, если сопровождаются диапазонами ошибок (в форме среднеквадратического отклонения).

#### **Уровень 3**

Неопределенность меньше и зависит от точности дистанционного зондирования и полевых съемок, а также от используемого метода моделирования и соответствующих вводных данных.

## 5.4 ПОЛНОТА, ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ, ОК/КК И ПОДГОТОВКА ОТЧЕТНОСТИ

Представленный здесь материал дополняет общие указания, которые изложены в томе 1 в отношении данных вопросов.

### 5.4.1 Полнота

#### Уровень 1

Полный кадастр возделываемых земель для уровня 1 включает три элемента: 1) изменения запасов углерода и иные, чем  $\text{CO}_2$ , выбросы ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_x$ ) в результате сжигания биомассы оценены для всех земель, переустроенных в возделываемые земли, и возделываемых земель, остающихся возделываемыми землями на протяжении периода кадастра, 2) в анализе запасов рассмотрены влияние всех практик управления, описанных в методах уровня 1, и 3) в анализе учтены климатические и почвенные вариации, влияющие на выбросы и поглощения (как описано для уровня 1).

Для последних двух элементов требуется определение систем управления для площадей возделываемых земель и стратификация по климатическим регионам и типам почвы. *Эффективная практика* заключается в том, чтобы страны использовали одни и те же классификации площадей для резервуаров биомассы и почв в дополнение к сжиганию биомассы (в той степени, в какой классификации необходимы для этих категорий источников). Это обеспечит согласованность и прозрачность, позволит эффективно использовать съемки и другие средства сбора данных и установить четкую связь между выбросами двуокиси углерода и поглощениями в резервуарах биомассы и почвы, а также иными, чем  $\text{CO}_2$ , выбросами в результате сжигания биомассы.

Для оценок биомассы и запаса почвенного углерода кадастр возделываемых земель должен рассматривать влияние изменения землепользования (*земли, переустроенные в возделываемые земли*) и управления. Тем не менее, в некоторых случаях данные о деятельности или знания экспертов могут оказаться недостаточными для оценки влияний агролесомелиорации, практики севооборота, практики обработки, ирригации, применения органических удобрений, управления остатками и т.д. В этих случаях страны могут продолжать работу над кадастром, рассматривая только землепользование, но результаты будут неполными и учет практики управления должен быть четко указан в отчетной документации в целях обеспечения прозрачности. При наличии неучтенных моментов *эффективная практика* заключается в сборе дополнительных данных о деятельности для будущих кадастров, в особенности, если биомасса или почвенный углерод являются категорией ключевых источников.

Изменения запасов углерода могут не рассчитываться для некоторых площадей возделываемых земель, если выбросы и поглощения парниковых газов считаются незначительными или постоянными в течение времени, такие как возделываемые земли под недеревянистыми культурами, на которых не происходят изменения в управлении или землепользовании. В этом случае *эффективная практика* для стран состоит в документировании и в разъяснении причины неучета.

В случае сжигания биомассы иные, чем  $\text{CO}_2$ , парниковые газы должны оцениваться для всех основных категорий остатков растений, не забывая при этом учитывать изъятия с полей остатков в других целях, таких как производство энергии, и потери остатков в результате выпаса и разложения на протяжении периода между уборками урожая и сжиганием. В случае переустройства лесных земель в возделываемые земли должны учитываться выбросы от сжигания МОВ и убираемой древесной биомассы.

#### Уровень 2

Полный кадастр уровня 2 имеет такие же элементы, как и полный кадастр уровня 1, но включает данные по конкретной стране для оценки: коэффициентов изменения запасов углерода, эталонных запасов почвенного углерода, растительных остатков (запас топлива), коэффициентов сгорания и выбросов для сжигания биомассы; и для разработки описаний климата и категорий почв в дополнение к усовершенствованным классификациям систем управления. Более того, *эффективная практика* для кадастра уровня 2 заключается во включении данных о конкретной стране для каждого компонента. Тем не менее, кадастры все же считаются полными, если они сочетают данные о конкретной стране с уровнем 1 по умолчанию.

#### Уровень 3

В дополнение к соображениям для уровней 1 и 2 полнота кадастров уровня 3 зависит от компонентов системы оценки по конкретной стране. На практике кадастры уровня 3 возможно полностью учитывают выбросы и поглощения из возделываемых земель, благодаря использованию более подробных данных по климату, почвам, сжиганию биомассы и системам управления. *Эффективная практика* для составителей

кадастров заключается в описании и документировании элементов системы по конкретной стране, показывающих полноту подхода и источников данных. При обнаружении пробелов *эффективная практика* заключается в сборе дополнительных данных и дальнейшем развитии системы по конкретной стране.

## 5.4.2 Формирование согласованного временного ряда

### Уровень 1

Согласованные временные ряды важны для оценки тенденций в выбросах и поглощениях. Для обеспечения согласованности составители должны применять одни и те же классификации и коэффициенты на всем протяжении периода кадастра, включая классификации по климату, типам почв и системе управления, а также коэффициенты изменений запасов углерода, эталонные запасы почвенного углерода, оценки остатков (запаса топлива), коэффициенты сгорания и коэффициенты иных, чем CO<sub>2</sub>, выбросов. Для всех этих характеристик применяются значения по умолчанию, и, таким образом, согласованность не должна быть проблемой. Кроме того, земельная база должна также быть согласованной во времени, исключая *земли, переустроенные в возделываемые земли*, или возделываемые земли, переустроенные в другие землепользования.

По всему кадастру страны должны использовать согласованные источники данных о деятельности по землепользованию, управлению и сжиганию биомассы. Выборочный подход, если таковой используется, должен поддерживаться на всем протяжении периода кадастра для обеспечения согласованного подхода. В случае создания подкатегорий страны должны вести прозрачные записи о том, как они определяются, и применять их согласованно по всему кадастру.

В некоторых случаях, источники данных о деятельности, определения или методы могут изменяться со временем с получением новой информации. Составители кадастров должны определять влияние изменения данных или методов на тенденции, и, если эти влияния полагаются существенными, то необходимо пересчитать выбросы и поглощения для временного ряда, пользуясь приведенными в главе 5 тома 1 методами.

Для изменений запасов углерода одним из ключевых элементов в получении согласованного временного ряда является обеспечение согласованности между запасами углерода для земель, переустроенных в возделываемые земли, которые указывались в отчетности в предыдущие отчетные периоды, и состоянием этих запасов, указанных в отчетности для этих земель, которые остаются возделываемыми землями в текущий отчетный период. Например, если в предыдущий отчетный период на землях, переустроенных из лесов в возделываемые земли, в резервуар мертвого органического вещества были перенесены 50 тонн наземной биомассы, то отчетность в данный период должна предполагать, что для этих земель начальные запасы углерода в мертвом органическом веществе равны 50 тоннам.

### Уровень 2

Помимо вопросов, обсуждавшихся на уровне 1, существуют дополнительные соображения, связанные с применением информации по конкретной стране. В частности, *эффективная практика* заключается в применении по всему кадастру новых значений или классификаций, полученных на основе информации по конкретной стране, и в пересчете временного ряда. В противном случае положительные или отрицательные тенденции в запасах углерода или сжигании биомассы могут быть частично обусловлены изменениями, связанными с методами кадастра в некоторый момент временного ряда, и не представлять реальных тенденций.

Может оказаться, что новая информация по конкретной стране не доступна для всего временного ряда. В этих случаях *эффективная практика* заключается в демонстрации влияния изменений в уровнях деятельности в зависимости от обновленных данных или методов по стране. Указания по перерасчету для этих условий представлены в главе 5 тома 1.

### Уровень 3

Аналогично уровням 1 и 2 *эффективная практика* заключается в применении системы оценки по конкретной стране по всему временному ряду. Учреждения, составляющие кадастры, должны использовать такие же протоколы измерений (стратегия выборки, метод и т.д.) и/или основанные на моделях системы по всему периоду кадастра.

## 5.4.3 Обеспечение качества и контроль качества

### Уровень 1

*Эффективная практика* заключается во внедрении систем обеспечения качества / контроля качества с внутренним и внешним рецензированием данных кадастра возделываемых земель. Внутренние обзоры

должны проводиться учреждением, отвечающим за составление кадастра, тогда как внешние обзоры проводятся другими учреждениями, экспертами или группами, которые не участвуют напрямую в составлении кадастра.

Внутренний обзор должен быть сфокусирован на процессе внедрения кадастра, чтобы обеспечивалось следующее: 1) данные о деятельности надлежащим образом стратифицированы по климатическим регионам и типам почвы; 2) классификации / описания управления надлежащим образом применены; 3) данные о деятельности надлежащим образом внесены в рабочие формуляры или вычислительные программы для кадастра; и 4) коэффициенты изменений запасов углерода, эталонные запасы почвенного углерода, оценки остатков (запас топлива) и коэффициенты сгорания и выбросов при сжигании биомассы надлежащим образом определены. Меры по обеспечению качества / контролю качества могут включать в себя визуальную проверку, а также встроенные программные функции для проверки ввода данных и результатов. Сводные данные также могут быть полезны, например, суммирование площадей по стратам в рабочих формулярах для определения согласованности с данными по землепользованию. Суммарные площади должны оставаться постоянными на протяжении периода кадастра, а площади страт должны варьировать только по классификации землепользования или управления (площади климатических зон и с определенным типом почвы должны оставаться постоянными).

Внешние обзоры должны рассматривать обоснованность принятого в кадастре подхода, тщательность в составлении документации кадастра, объяснения методов и общую прозрачность. Важно оценить реалистичность общей площади возделываемых земель, и, кроме того, рецензенты должны перепроверять по разным источникам оценки площадей по всем категориям землепользования (т.е. лесные площади, возделываемые земли, пастбища и т.д.), чтобы обеспечить одинаковость суммы всей земельной базы страны по всем годам периода кадастра.

### **Уровень 2**

В дополнение к мерам по обеспечению качества / контролю качества на уровне 1 учреждение, составляющее кадастры, должно проверить данные по стране, касающиеся климатических регионов, типов почвы, классификаций систем управления, коэффициентов изменений запасов углерода, эталонных запасов углерода, оценок остатков (запаса топлива), коэффициентов сгорания и/или коэффициентов иных, чем CO<sub>2</sub>, выбросов для сжигания биомассы. В случае использования коэффициентов, основанных на непосредственных измерениях, учреждение, составляющее кадастр, должно провести обзор измерений с тем, чтобы быть уверенным, что они являются репрезентативными для реального диапазона экологических условий и условий хозяйствования и были разработаны в соответствии с признанными стандартами (IAEA, 1992). *Эффективная практика* заключается (при возможности) в сравнении коэффициентов по конкретной стране с коэффициентами изменений запасов и выбросов уровня 2 по другим странам со сравнимыми условиями в дополнение к значениям по умолчанию МГЭИК.

Учитывая сложность тенденций по выбросам и поглощениям, при проведении внешнего обзора необходимо привлечь специалиста в данной области для рецензирования оценок запаса топлива в остатках, коэффициентов изменений запасов, коэффициентов сгорания и выбросов, а также описаний для конкретной страны климатических регионов, типов почвы и/или системы управления.

### **Уровень 3**

Предполагается, что для систем кадастров по конкретным странам требуются дополнительные меры по обеспечению качества / контролю качества, но это зависит от систем, которые разрабатываются. *Эффективная практика* заключается в разработке протокола обеспечения качества / контроля качества для передовых систем кадастра по конкретным странам, в архивировании отчетов и во включении сводки результатов в отчетную документацию.

## **5.4.4 Отчетность и документация**

### **Уровень 1**

В общем случае *эффективная практика* заключается в документировании и архивации всей информации, требуемой для получения оценочных значений при составлении национального кадастра. На уровне 1 составители кадастров должны документировать тенденции и неопределенности данных о деятельности для возделываемых земель. Ключевые виды деятельности включают изменение землепользования, использование минеральных удобрений, практику агролесомелиорации, органические удобрения, управление обработкой почвы, чередования культур, управление остатками (включая сжигание), практику ирригации, системы смешанного возделывания культур, водоустройство в рисовых системах и изменение землепользования.

*Эффективная практика* заключается в архивировании реальных баз данных, таких как данных сельскохозяйственных переписей и процедур, используемых для обработки данных (например, статистические программы); определений, используемых для категоризации или обобщения данных о деятельности; и процедур, используемых для стратификации данных о деятельности по климатическим регионам и типам почв (для уровня 1 и 2). Рабочие формуляры или программное обеспечение кадастров должны быть заархивированы с файлами ввода/вывода, которые создавались для получения результатов.

В случаях, когда данные о деятельности недоступны напрямую из баз данных или скомбинированы наборы многокомпонентных данных, необходимо описать информацию, допущения и процедуры, которые использовались для получения данных о деятельности. Эта документация должна включать частоту сбора и оценки данных, а также неопределенности. Использование экспертных знаний должно быть задокументировано, а корреспонденция заархивирована.

*Эффективная практика* заключается в документировании и объяснении тенденций в отношении запасов биомассы и почвенного углерода, а также сжигания биомассы в терминах видов деятельности в области землепользования и управления. Изменения в запасах биомассы должны быть напрямую связаны с землепользованием, изменениями в практике агролесомелиорации, тогда как тенденции в запасах почвенного углерода могут быть связаны с землепользованием или изменениями в ключевых видах деятельности по управлению, как описано выше. Выбросы от сжигания биомассы остатков зависят от степени, в которой сжигание используется для подготовки полей к севу. Следует дать объяснение значительным колебаниям в выбросах между годами.

Страны должны предоставлять документацию о полноте своих кадастров; о проблемах, связанных с согласованностью временного ряда или их отсутствии; резюме о мерах по обеспечению качества / контролю качества и результатах.

## **Уровень 2**

В дополнение к соображениям по уровню 1 составители кадастров должны задокументировать исходную основу для выбора по конкретной стране коэффициентов изменений запаса углерода, эталонных запасов почвенного углерода, оценок остатков (запасов топлива), коэффициентов сгорания и выбросов для сжигания биомассы, классификаций систем управления, климатических регионов и/или типов почвы. Более того, *эффективная практика* заключается в архивации метаданных и источников данных в отношении информации, использованной для оценки значений по конкретной стране.

Отчетная документация должна включать коэффициенты по конкретной стране (средние значения и неопределенности). *Эффективная практика* заключается во включении в отчет по кадастру обсуждения о различиях между коэффициентами по конкретной стране и значениями по умолчанию уровня 1, а также коэффициентами уровня 2 от регионов со схожими с отчетной страной условиями. Если для разных годов используются разные коэффициенты выбросов, параметры и методы, то следует объяснить и задокументировать причины для таких изменений. Кроме того, учреждения, составляющие кадастры, должны описать классификации управления, климата и/или типов почвы по конкретной стране и рекомендуется задокументировать усовершенствования в методах кадастров, основанные на новых классификациях. Например, практика управления обработкой почвы может быть подразделена на дополнительные категории помимо классов уровня 1 (т.е. поверхностная, беспашотная и глубокая обработка); при этом дальнейшее подразделение обычно только улучшает оценки кадастра, если изменения запасов или коэффициенты выбросов существенно различаются среди новых категорий.

При обсуждении тенденций в выбросах и поглощениях необходимо делать различие между изменениями в уровнях деятельности и изменениями в методах от года к году, а также задокументировать причины для таких изменений.

## **Уровень 3**

Для кадастра уровня 3 требуется схожая документация о тенденциях для данных о деятельности и выбросов/поглощений, как и на более низких уровнях, но должна быть включена дополнительная документация, объясняющая основы и рамки системы оценки по конкретной стране. В случае кадастров, основанных на измерениях, *эффективная практика* заключается в документировании модели выборки, лабораторных процедур и методов анализа данных. Данные измерений должны быть заархивированы наряду с результатами анализа данных. Для использующих модели подходов уровня 3 *эффективная практика* заключается в документировании версии модели и предоставлении описания модели, а также в постоянном архивировании копий всех файлов входных данных модели, а также копии кода источников и исполняемых программ.

## 5.5 ВЫБРОСЫ МЕТАНА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЫРАЩИВАНИЯ РИСА

Анаэробное разложение органического материала на затопляемых рисовых полях приводит к выделению метана (CH<sub>4</sub>), который поступает в атмосферу главным образом посредством транспорта через растения риса (Takai, 1970; Cicerone and Shetter, 1981; Conrad, 1989; Nouchi *et al.*, 1990). Годовое количество выбросов CH<sub>4</sub> от данной площади рисовых полей зависит от числа урожаев и продолжительности выращивания культур, водных режимов до и во время периода культивации, а также применения органических и неорганических удобрений (Neue and Sass, 1994; Minami, 1995). Тип почвы, температура и сорт риса также влияют на выбросы CH<sub>4</sub>.

Предлагаемые новые руководящие принципы по расчету выбросов CH<sub>4</sub> включают в себя различные изменения по сравнению с *Руководящими принципами 1996 г.* и *РУЭП2000*, а именно: i) пересмотр коэффициентов выбросов и масштабирования, получаемых на основе обновленного анализа имеющихся данных, ii) использование суточных (вместо сезонных) коэффициентов выбросов, обеспечивающее большую гибкость в разделении вегетационных периодов и периодов парования, iii) новые коэффициенты масштабирования для водного режима до вегетационного периода и выбор времени добавления соломы; и iv) включение подхода уровня 3 наряду с общими положениями пересмотра руководящих принципов 2006 г. Пересмотренные руководящие принципы также поддерживают отдельный расчет выбросов N<sub>2</sub>O в результате выращивания риса (как одной из форм обрабатываемых почв), который рассматривается в главе 11.

### 5.5.1 Выбор метода

Приведенное ниже уравнение 5.1 является основным уравнением для оценки выбросов CH<sub>4</sub> в результате выращивания риса. Выбросы CH<sub>4</sub> оцениваются путем умножения суточных коэффициентов выбросов на период<sup>3</sup> выращивания риса и годовую площадь сбора урожая<sup>4</sup>. В своей простейшей форме данное уравнение применяется с использованием национальных данных о деятельности (т.е. национального среднего периода выращивания риса и площади сбора урожая) и единого коэффициента выбросов. Тем не менее, природные условия и сельскохозяйственное управление производством риса могут сильно варьировать в пределах страны. *Эффективная практика* заключается в учете этой вариативности путем разделения общей площади сбора урожая на субъединицы (например, уборочные площади с различными водными режимами). Площадь сбора урожая для каждой субъединицы умножается на соответствующий период выращивания и коэффициент выбросов, которые представляют условия, характеризующие субъединицу (Sass, 2002). При подобном разукрупненном подходе общегодовые выбросы равны сумме выбросов из каждой субъединицы площади сбора урожая.

**УРАВНЕНИЕ 5.1**  
**ВЫБРОСЫ МЕТАНА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЫРАЩИВАНИЯ РИСА**

$$CH_4 \text{ Рис} = \sum_{i,j,k} (EF_{i,j,k} \cdot t_{i,j,k} \cdot A_{i,j,k} \cdot 10^{-6})$$

где:

CH<sub>4</sub> Рис = годовые выбросы метана в результате выращивания риса, Гг CH<sub>4</sub> /год

EF<sub>ijk</sub> = суточный коэффициент выбросов для условий *i, j* и *k*, кг CH<sub>4</sub>/ га x сутки

t<sub>ijk</sub> = период выращивания риса для условий *i, j* и *k*, сутки

A<sub>ijk</sub> = годовая уборочная 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<sub>4</sub> в результате производства риса

<sup>3</sup> В случае повторной культуры «период выращивания» должен быть продлен на соответствующее число дней.

<sup>4</sup> В случае сбора нескольких урожаев в течение одного года «площадь сбора урожая» равна сумме площадей, культивируемых для каждого сбора урожая.

К числу разных условий, которые необходимо учитывать, относятся тип экосистемы риса, схема затопления до и в течение периода выращивания, а также тип и количество органических удобрений. Разукрупнение может производиться и по другим условиям, как, например, типу почвы и сорту риса, если имеется информация по конкретной стране о связи между этими условиями и выбросами  $\text{CH}_4$ . Типы экосистем риса и водные режимы на протяжении периода выращивания риса перечислены в таблице 5.12. Если национальное производство риса можно подразделить по климатическим зонам с различными системами производства (например, схемами затопления), то уравнение 5.1 следует применить к каждому региону отдельно. Это применимо также в случае наличия статистических данных по рису или экспертных оценок, позволяющих проводить различие между практиками управления или другими факторами по административным единицам (район или провинция). Кроме того, если в течение года собирается более одного урожая, то выбросы следует оценивать для каждого сезона вегетации, учитывая возможные различия в практике выращивания (например, использование органических удобрений, схема затопления до и на протяжении периода выращивания).

Приведенная на рисунке 5.2 схема принятия решений служит руководством для составляющих кадастры учреждений в процессе применения подхода МГЭИК в соответствии с *эффективной практикой*. На этой схеме в неявном виде дается иерархия разукрупнения при осуществлении метода МГЭИК. В рамках этой иерархии уровень разукрупнения, используемый составляющим кадастр учреждением, будет зависеть от наличия данных о деятельности и коэффициентов выбросов, а также значения риса, как фактора, вносящего вклад в национальные выбросы парниковых газов. В тексте, который дается после схемы принятия решений, рассматриваются конкретные меры и переменные в рамках этой схемы, а также лежащая в ее основе логика.

### Уровень 1

Уровень 1 применяется к странам, в которых либо выбросы  $\text{CH}_4$  в результате выращивания риса не являются ключевой категорией, либо отсутствуют коэффициенты выбросов для этих конкретных стран. Необходимо провести разукрупнение годовой площади сбора урожая риса, по крайней мере, для трех базовых водных режимов, включая орошаемый, суходольный и горный. Рекомендуется включать максимально возможное количество условий (*i, j, k* и т.д.), влияющих на выбросы  $\text{CH}_4$  (краткая сводка представлена в блоке 5.2). Выбросы для каждой субъединицы корректируются путем умножения базового коэффициента выбросов по умолчанию (для поля без затопления менее, чем за 180 дней до выращивания риса, и непрерывно затопляемых полей без органических удобрений,  $\text{EF}_c$ ) на различные коэффициенты масштабирования, как показано в уравнении 5.2. Расчеты проводятся для каждого водного режима и органического удобрения отдельно, как показано в уравнении 5.1.

#### Блок 5.2

##### УСЛОВИЯ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫБРОСЫ МЕТАНА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЫРАЩИВАНИЯ РИСА

При расчете выбросов  $\text{CH}_4$ , а также при выводе коэффициентов выбросов следует учитывать следующие особенности выращивания риса:

**Региональные различия в практике рисоводства:** Если страна является крупной и имеет отличные друг от друга сельскохозяйственные регионы с различным климатом и/или системами производства (например, схемы затопления), то для каждого из этих регионов следует проводить отдельный набор расчетов.

**Несколько урожаев:** Если в течение года на данном участке земли снимается более одного урожая, а условия вегетации отличаются между сезонами выращивания, то расчеты следует проводить для каждого сезона.

**Водный режим:** В контексте данной главы водный режим определяется как комбинация i) типа экосистемы и ii) схемы затопления.

**Тип экосистемы:** Как минимум для каждой рисовой экосистемы должны проводиться отдельные расчеты (т.е. производство риса на орошаемых, суходольных полях и полях с высоким уровнем воды).

**Схема затопления:** Схема затопления рисовых полей оказывает значительное влияние на выбросы  $\text{CH}_4$  (Sass *et al.*, 1992; Yagi *et al.*, 1996; Wassmann *et al.*, 2000). Рисовые экосистемы могут далее разделяться на непрерывно и периодически затопляемые (орошаемый рис), регулярно поливаемые дождем, подверженные засухе и с высоким уровнем воды (затопляемые дождем) в соответствии со схемой затопления в течение периода выращивания. Также должна учитываться схема затопления до периода культивирования (Yagi *et al.*, 1998; Cai *et al.*, 2000; 2003a; Fitzgerald *et al.*, 2000).

**Внесение органических удобрений в почву:** Внесение органического материала в почву рисовых полей увеличивает выбросы  $\text{CH}_4$  (Schütz *et al.*, 1989; Yagi and Minami, 1990; Sass *et al.*, 1991). Воздействие органических удобрений на выбросы  $\text{CH}_4$  зависит от типа и количества добавляемого материала, что может быть описано кривой зависимости от дозы (Denier van der Gon and Neue, 1995; Yan *et al.*, 2005). Вносимый в почву органический материал может быть эндогенного (солома, зеленое удобрение и т.д.) или экзогенного происхождения (компост, стойловый навоз и т.д.). В расчетах выбросов должно учитываться влияние органических удобрений.

**Прочие условия:** Известно, что другие факторы, такие как тип почвы (Sass *et al.*, 1994; Wassmann *et al.*, 1998; Huang *et al.*, 2002), сорт риса (Watanabe and Kimura, 1998; Wassmann and Aulakh, 2000), сульфатные удобрения (Lindau *et al.*, 1993; Denier van der Gon and Neue, 2002) и т.д. могут существенно влиять на выбросы  $\text{CH}_4$ . Учреждениям, составляющим кадастры, предлагается приложить все усилия для учета этих условий при наличии информации по конкретной стране о связи между этими условиями и выбросами  $\text{CH}_4$ .

#### УРАВНЕНИЕ 5.2

#### СКОРРЕКТИРОВАННЫЙ СУТОЧНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ВЫБРОСОВ

$$EF_i = EF_c \cdot SF_w \cdot SF_p \cdot SF_o \cdot SF_{s,r}$$

где:

$EF_i$  = скорректированный суточный коэффициент выбросов для конкретной площади уборки урожая

$EF_c$  = базовый коэффициент выбросов для постоянно затопленных полей без органических удобрений

$SF_w$  = коэффициент масштабирования для учета различий водных режимов в течение периода выращивания (из таблицы 5.12)

$SF_p$  = коэффициент масштабирования для учета различий в водном режиме перед сезоном, до периода выращивания (из таблицы 5.13)

$SF_o$  = коэффициент масштабирования должен варьировать как для типов, так и для количества внесенного органического удобрения (из уравнения 5.3 и таблицы 5.14).

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

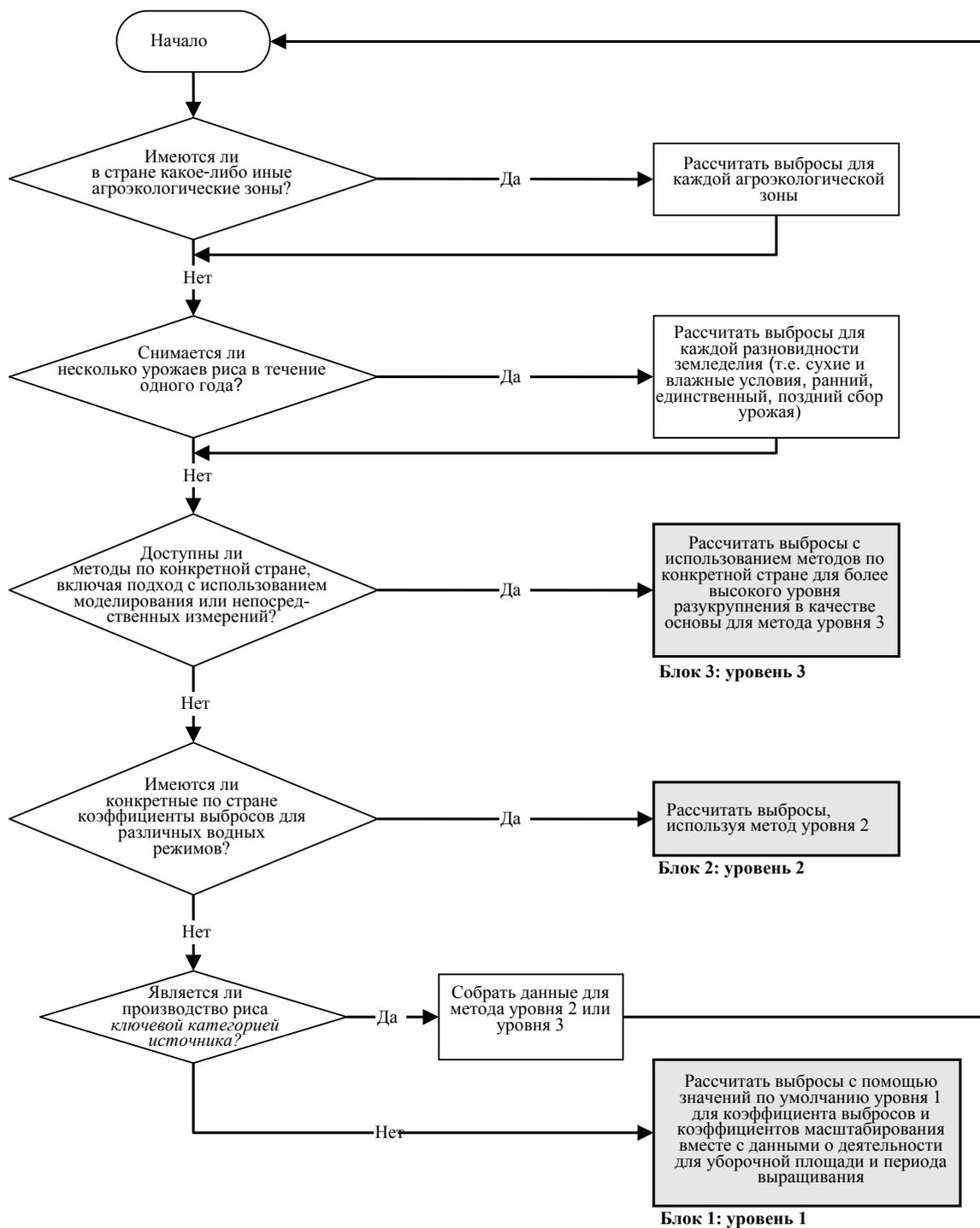
### Уровень 2

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 конкретной стране. Указанные коэффициенты по конкретной стране должны отражать местное воздействие условий ( $i, j, k$  и т.д.), которые влияют на выбросы  $\text{CH}_4$ , предпочтительно разрабатываемые посредством сбора полевых 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  $\text{CH}_4$ .

### Уровень 3

Уровень 3 включает использование моделей и сетей мониторинга, адаптированных к конкретным национальным условиям выращивания риса, повторяющимся в ходе времени, а также применение данных о деятельности высокого разрешения и разукрупнение до субнационального уровня. Модели могут быть эмпирическими или механистическими, но в любом случае должны сверяться с независимыми наблюдениями по исследованиям конкретной страны или конкретного региона, которые охватывают диапазон особенностей выращивания риса (Cai *et al.*, 2003b; Li *et al.*, 2004; Huang *et al.*, 2004). Соответственно, важное значение имеет надлежащее документирование достоверности и полноты данных, а также использованных допущений, уравнений и моделей. Методологии уровня 3 могут также учитывать междугодичную изменчивость, обусловленную разрушительными последствиями тайфуна, стрессом засухи и т.д. В идеальном случае оценка должна основываться на недавних данных космической съемки.

**Рисунок 5.2** Схема принятия решений для выбросов CH<sub>4</sub> в результате выращивания риса



Примечание:

1. Обсуждение *ключевых категорий* и применение схемы принятия решений см. в томе 1, глава 4 «Методологический выбор и определения ключевых категорий» (обратить внимание на раздел 4.1.2 об ограниченных ресурсах).

## 5.5.2 Выбор коэффициентов выбросов и масштабирования

### Уровень 1

В качестве исходной посылки используется базовый коэффициент выбросов для полей без затопления менее, чем за 180 дней до выращивания риса, и непрерывно затопляемых в течение периода выращивания риса без органических удобрений ( $EF_c$ ). Значение МГЭИК по умолчанию для  $EF_c$  равно 1,30 кг  $CH_4$  / га x сутки (с диапазоном ошибки 0,80 – 2,20, таблица 5.11); эта оценка получена с помощью статистического анализа имеющихся данных полевых измерений (Yan *et al.*, 2005, использованный в анализе комплект данных представлен на вебсайте<sup>5</sup>).

Коэффициенты масштабирования используются для корректировки  $EF_c$  с целью учета различных условий, обсуждавшихся в блоке 5.2; в результате получают скорректированные суточные коэффициенты выбросов ( $EF_i$ ) для конкретных субъединиц разукрупненной площади сбора урожая в соответствии с уравнением 5.2. Самые важные коэффициенты масштабирования, а именно для водного режима в течение периода выращивания и перед ним и для органических удобрений, представлены соответственно в таблицах 5.12, 5.13 и 5.14 через значения по умолчанию. Коэффициенты масштабирования по конкретной стране должны использоваться только в том случае, если они основаны на хорошо исследованных и документированных данных измерений. Рекомендуется учитывать тип почвы, сорт риса и другие факторы при наличии соответствующих данных.

Таблица 5.11 Базовый коэффициент выбросов $CH_4$ по умолчанию при отсутствии затопления менее, чем за 180 дней до выращивания риса, и непрерывного затопления в течение периода выращивания риса без органических удобрений		
Выбросы $CH_4$ (кг $CH_4$ / га x сутки)	Коэффициент выбросов	Диапазон ошибки
		1,30
Источник: Yan <i>et al.</i> , 2005		

**Водный режим на протяжении периода культивирования ( $SF_w$ ):** В таблице 5.12 представлены коэффициенты масштабирования по умолчанию и диапазоны ошибки для различных водных режимов. Обобщенный вариант относится к ситуации, когда данные о деятельности имеются только для рисовых экосистем, но не для схем затопления (см. блок 5.2). В детализированном варианте схемы затопления могут быть выделены в форме трех подкатегорий, как показано в таблице 5.12. *Эффективная практика* заключается в сборе более детальных данных о деятельности и применении по возможности детализированного варианта для  $SF_w$ .

<sup>5</sup> <http://www.jamstec.go.jp/frcgc/>

ТАБЛИЦА 5.12					
КОЭФФИЦИЕНТЫ МАСШТАБИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ CH <sub>4</sub> ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ВОДНЫХ РЕЖИМОВ В ТЕЧЕНИЕ ПЕРИОДА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ В ОТНОШЕНИИ НЕПРЕРЫВНО ЗАТОПЛЯЕМЫХ ПОЛЕЙ					
Водный режим		Обобщенный вариант		Детализированный вариант	
		Коэффициент масштабирования (SFw)	Диапазон ошибки	Коэффициент масштабирования (SFw)	Диапазон ошибки
Горный <sup>a</sup>		0	-	0	-
Орошаемый <sup>b</sup>	Постоянно затопленный	0,78	0,62 - 0,98	1	0,79 - 1,26
	Периодически затопляемый - однократная аэрация			0,60	0,46 - 0,80
	Периодически затопляемый - неоднократная аэрация			0,52	0,41 - 0,66
Суходольный и с высоким уровнем воды <sup>c</sup>	Регулярно поливаемый дождем	0,27	0,21 - 0,34	0,28	0,21 - 0,37
	Подверженный засухе			0,25	0,18 - 0,36
	С высоким уровнем воды			0,31	ND

ND: не определено

<sup>a</sup> Поля никогда не затоплялись в течение значительного периода времени.

<sup>b</sup> Поля затопляются в течение значительного периода времени и водный режим полностью контролируется.

- Постоянно затопленный: На полях стоячая вода на всем протяжении сезона выращивания риса и они могут осушаться только для уборки урожая (осушение в конце сезона).
- Периодически затопляемый: В течение вегетационного периода на полях происходит, по крайней мере, один цикл аэрации продолжительностью более 3 дней.
- Однократная аэрация: В течение вегетационного периода на полях происходит однократный цикл аэрации на любой фазе роста (исключая осушение в конце сезона).
- Неоднократная аэрация: В течение вегетационного периода на полях происходит более, чем один цикл аэрации (исключая осушение в конце сезона).

<sup>c</sup> Поля затопляются в течение значительного периода времени и водный режим зависит только от осадков.

- Регулярно поливаемый дождем: Уровень воды в течение вегетационного периода может подняться до 50 см.
- Подверженный засухе: На протяжении каждого вегетационного периода происходят периоды засухи.
- Рис на полях высоким уровнем воды: В течение значительного времени на протяжении вегетационного периода уровень паводковых вод держится выше 50 см.

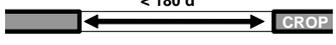
Примечание: Другие категории рисовых экосистем, такие как болота и внутренние, засоленные или расположенные в приливно-отливной зоне побережья заболоченные земли, могут разграничиваться в рамках каждой подкатегории.

Источник: Yan *et al.*, 2005

**Водный режим до периода культивирования (SF<sub>p</sub>):** В таблице 5.13 приводятся коэффициенты масштабирования по умолчанию для водного режима перед периодом культивирования, которые могут быть использованы при отсутствии данных по конкретной стране. В этой таблице выделены три различных водных режима перед выращиванием риса, а именно:

1. без затоплений в течение < 180 дней перед сезоном, часто имеет место при двух урожаях риса в год;
2. без затоплений в течение > 180 дней перед сезоном, например, при одном урожае риса в год с последующим периодом сухого пара; и
3. с затоплениями перед сезоном с минимальным интервалом 30 дней, т.е. затопления с более коротким интервалом перед сезоном (обычно производятся для подготовки почвы к пахоте) не включаются в данную категорию.

При отсутствии данных о деятельности для водного статуса перед сезоном могут использоваться коэффициенты обобщенного варианта. *Эффективная практика* заключается в сборе более детальных данных о деятельности и применении по возможности разукрупненного варианта для SF<sub>p</sub>. Коэффициенты масштабирования для дополнительных водных режимов могут применяться в случае, если имеются данные по конкретной стране.

<b>ТАБЛИЦА 5.13</b>				
<b>КОЭФФИЦИЕНТЫ МАСШТАБИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ CH<sub>4</sub> ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ВОДНЫХ РЕЖИМОВ ПЕРЕД ПЕРИОДОМ ВЫРАЩИВАНИЯ РИСА</b>				
Водный режим перед выращиванием риса (на схеме период затопления показан затемненной областью)	Обобщенный вариант		Детализированный вариант	
	Коэффициент масштабирования (SF <sub>p</sub> )	Диапазон ошибки	Коэффициент масштабирования (SF <sub>p</sub> )	Диапазон ошибки
Без затоплений <180 суток 	1,22	1,07 - 1,40	1	0,88 - 1,14
Без затоплений >180 суток 			0,68	0,58 - 0,80
С затоплениями (>30 суток) <sup>a,b</sup> 			1,90	1,65 - 2,18
<sup>a</sup> Короткие предсезонные периоды затопления продолжительностью менее 30 суток не учитываются при выборе SF <sub>p</sub> <sup>b</sup> Расчет предсезонных выбросов см. ниже (раздел о полноте) Источник: Yan <i>et al.</i> , 2005				

**Органические удобрения (SF<sub>o</sub>):** Эффективная практика заключается в выводе коэффициентов масштабирования, которые включают информацию о типе и количестве применяемых органических удобрений (компост, стойловый навоз, зеленое удобрение и рисовая солома). Если исходить из принципа равной массы, то большее количество CH<sub>4</sub> выбрасывается из удобрений, содержащих большее количество легко разлагаемого углерода, и, кроме того, выбросы увеличиваются с внесением большего количества каждого органического удобрения. В уравнении 5.3 и таблице 5.14 представлен метод изменения коэффициента масштабирования сообразно количеству различных типов внесенного удобрения. После уборки урожая в почву часто вносится рисовая солома. В случае длительного пара после внесения рисовой соломы выбросы CH<sub>4</sub> в последующий сезон выращивания риса будут меньше, чем в случае, когда рисовая солома вносится непосредственно перед высадкой риса (Fitzgerald *et al.*, 2000). Поэтому отдельно учитывался момент внесения рисовой соломы. Для показателя степени 0,59 в уравнении 5.3 может быть принят диапазон неопределенностей 0,54-0,64.

<p><b>УРАВНЕНИЕ 5.3</b></p> <p><b>СКОРРЕКТИРОВАННЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ МАСШТАБИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ CH<sub>4</sub> ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ</b></p> $SF_o = \left( 1 + \sum_i ROA_i \cdot CFOA_i \right)^{0,59}$
--

где:

SF<sub>o</sub> = коэффициент масштабирования, как для типа, так и для количества внесенного органического удобрения

ROA<sub>i</sub> = норма внесения органического удобрения *i*, в виде сухой массы для соломы и массы в сыром виде для других органических удобрений, тонны/га

CFOA<sub>i</sub> = коэффициент перевода для органического удобрения *i* (в терминах относительного влияния по сравнению с соломой, добавленной незадолго до выращивания), как показано в таблице 5.14.

Органическое удобрение	Коэффициент перевода (CFOA)	Диапазон ошибки
Солома внесена незадолго (<30 суток) перед выращиванием <sup>a</sup>	1	0,97 - 1,04
Солома внесена задолго (>30 суток) перед выращиванием <sup>a</sup>	0,29	0,20 - 0,40
Компост	0,05	0,01 - 0,08
Стойловый навоз	0,14	0,07 - 0,20
Зеленое удобрение	0,50	0,30 - 0,60

<sup>a</sup> Применение соломы предполагает, что она вносится в почву; сюда не входят случаи, когда солома просто помещается на поверхности почвы, или когда солома сжигается на поле.  
Источник: Yan *et al.*, 2005

**Тип почвы ( $SF_s$ ) и сорт риса ( $SF_r$ ):** В некоторых странах имеются данные о выбросах для различных типов почвы и сортов риса, и эти данные могут быть использованы для вывода  $SF_s$  и  $SF_r$  соответственно. Как опыт, так и механистическое знание подтверждают важность этих коэффициентов, но большие разбросы в имеющихся данных не позволяют определить достаточно точно значения по умолчанию. Ожидается, что в ближайшее время при помощи имитационных моделей можно будет выводить специальные коэффициенты масштабирования для  $SF_s$  и  $SF_r$ .

### Уровень 2

Составляющие кадастры учреждения могут использовать полученные на основе полевых измерений коэффициенты выбросов, которые учитывают условия выращивания риса в их конкретной стране. *Эффективная практика* заключается в сборе конкретных по стране баз данных на основе имеющихся полевых измерений, которые дополняют базу данных коэффициентов выбросов<sup>6</sup> с помощью других программ измерений (например, национальных), еще не включенных в эту базу данных. Тем не менее, определенные требования стандартного ОК/КК применимы к этим полевым измерениям (см. раздел 5.5.5).

На уровне 2 учреждения, составляющие кадастры, могут определить базовое управление в соответствии с преобладающими условиями, существующими в их стране, и определить конкретные по этой стране коэффициенты выбросов для упомянутых базовых условий. Затем составляющие кадастры учреждения могут также определить коэффициенты масштабирования по конкретной стране для практик управления, отличных от базовой. В случаях, когда коэффициенты масштабирования по конкретной стране недоступны, могут использоваться коэффициенты масштабирования по умолчанию. Однако, это может потребовать некоторого перерасчета приведенных в таблицах 5.12 – 5.14 коэффициентов масштабирования, если условия отличаются от базовых.

### Уровень 3

Подходы уровня 3 не требуют выбора коэффициентов выбросов, но вместо этого основываются на полном понимании драйверов и параметров (см. выше).

## 5.5.3 Выбор данных о деятельности

Помимо необходимых основных данных о деятельности, упомянутых выше, *эффективная практика* заключается в том, чтобы привести данные об органических удобрениях и типах почв к тому же уровню детализации, который характерен для данных о деятельности. Необходимо будет, возможно, провести полный обзор агротехнической практики для получения данных о типе и количестве применяемых органических удобрений.

Данные о деятельности, прежде всего, основываются на статистических данных об уборочных площадях, которые должны быть получены от национальных бюро статистики, а также на дополнительной информации о периоде выращивания и агрономической практике. Данные о деятельности следует разбивать соответственно региональным различиям в практике возделывания риса или водного режима

<sup>6</sup> <http://www.jamstec.go.jp/frcgc/>

(см. блок 5.2). Соответствующие различным условиям оценки уборочной площади могут быть получены в масштабе страны с помощью принятых методов составления отчетов. Использование подтвержденных на местном уровне данных о площадях представляет наибольшую ценность, когда они коррелируют с имеющимися данными о коэффициентах выбросов при различных условиях, например, по климату, агрономической практике и свойствам почвы. Если эти данные отсутствуют для конкретной страны, то они могут быть получены из международных источников данных: например, IRRI (1995) и Мировая статистика по рису на вебсайте IRRI (Международный институт исследования риса)<sup>7</sup>, которая включает уборочную площадь под рисом с разбиением по типам экосистем для основных стран - производителей риса, календарь по рисовой культуре для каждой страны и прочую полезную информацию, а также FAOSTAT на вебсайте FAO<sup>8</sup>. Использование подтвержденных на местном уровне данных о площадях представляет наибольшую ценность, когда они коррелируют с имеющимися данными о коэффициентах выбросов при различных условиях, например, по климату, агрономической практике и свойствам почвы. Необходимо будет, возможно, проконсультироваться с местными экспертами для выяснения агрономической практики, соответствующей выбросам метана (органические удобрения, водное хозяйство и т.д.).

По всей вероятности данные о деятельности будут более надежными по сравнению с коэффициентами выбросов. В то же время в силу различных причин статистические данные о площадях могут страдать погрешностями, и рекомендуется проводить проверку статистических данных об уборочных площадях для (частей) страны при помощи данных дистанционного зондирования.

Помимо необходимых основных данных о деятельности, упомянутых выше, *эффективная практика*, в частности, в отношении подходов уровней 2 и 3, заключается в том, чтобы привести данные об органических удобрениях и прочих условиях, например, типах почв, к тому же уровню детализации, который характерен для данных о деятельности.

## 5.5.4 Оценка неопределенностей

Общие принципы оценки неопределенностей, применимые для национальных инвентаризаций выбросов, представлены в главе 3 тома 1. На неопределенность коэффициентов выбросов и масштабирования может влиять естественная изменчивость, например, годовая изменчивость климата и изменчивость в рамках единиц, которые предполагаются однородными, как в случае пространственной изменчивости в единице поля или почвы. Для этой категории источников *эффективная практика* должна предусматривать определение неопределенностей при помощи стандартных статистических методов, если имеются достаточные экспериментальные данные. Исследования по количественной оценке некоторых из этих неопределенностей являются редкими, хотя они все же проводились (например, изменчивость, вызванная типом почвы). Изменчивость, фигурирующая в этих исследованиях, в целом предполагается обоснованной. Для дополнительной информации см. Sass (2002).

Важные данные о деятельности, необходимые для определения коэффициентов масштабирования (т.е. данные о практике культивирования и органических удобрениях), могут отсутствовать в существующих базах данных/статистике. В этой связи оценки доли рисоводов, применяющих конкретную практику или удобрения, должны быть основаны на заключении экспертов, и диапазон неопределенности этой оцениваемой доли должен быть также основан на заключении экспертов. В качестве значения по умолчанию для неопределенности в оценке этой доли предлагается значение  $\pm 0,2$  (например, доля рисоводов, применяющих органическое удобрение, оценивается в 0,4, при этом диапазон неопределенности составляет 0,2-0,6). В главе 3 тома 1 даются рекомендации относительно количественной оценки неопределенности на практике, включая сочетание заключений экспертов и эмпирических данных при общих оценках неопределенностей.

В случае выбросов  $\text{CH}_4$  в результате выращивания риса диапазоны неопределенности значений на уровне 1 (коэффициентов выбросов и масштабирования) могут быть взяты непосредственно из таблиц 5.11-5.14. Диапазоны определяются как среднеквадратическое отклонение от среднего значения, показывающее неопределенность, связанную с каким-либо определенным значением по умолчанию для данной категории источников. Показатель степени в уравнении 5.3 имеет диапазон неопределенности 0,54 – 0,64. Оценка неопределенностей для подходов уровней 2 и 3 зависит от соответствующих использованных баз данных и моделей. Следовательно, *эффективная практика* заключается в применении общих принципов статистического анализа (глава 3, том 1), а также методов моделирования (раздел 3.5, глава 3, том 4).

<sup>7</sup> <http://www.irri.org/science/ricestat/>

<sup>8</sup> <http://faostat.fao.org/>

## 5.5.5 Полнота, временные ряды, ОК/КК и подготовка отчетности

### ПОЛНОТА

Для полного охвата этой категории источников требуется оценка выбросов в результате следующих видов деятельности, если они имеются:

- Если период затопления полей не ограничивается фактическим сезоном выращивания риса, следует учитывать выбросы, происходящие вне сезона выращивания риса (например, с периода парования с затоплением). Для получения дополнительной информации см. Yagi *et al.*, 1998; Cai *et al.*, 2000; and Cai *et al.* 2003a;
- Другие категории рисовых экосистем, такие как болота, внутренние засоленные рисовые поля или поля, находящиеся в приливно-отливной зоне, могут разграничиваться в рамках каждой подкатегории в соответствии с данными измерений местных выбросов.
- Если ежегодно выращивается более одного урожая риса, об этих урожаях следует сообщать отдельно в соответствии с местной терминологией (например, ранний рис, поздний рис, рис влажного сезона, рис сухого сезона). Урожаи риса могут разбиваться на разные категории с разными общесезонными коэффициентами выбросов и разными поправочными коэффициентами для других модификаторов, таких как органические удобрения.

### ФОРМИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА

Что касается других источников и категорий, то метод оценки выбросов  $\text{CH}_4$  от рисовых полей должен применяться последовательно к каждому году временного ряда при том же уровне разукрупнения. В случае отсутствия подробных данных об уровне деятельности за предыдущие годы следует провести пересчет выбросов за эти годы в соответствии с указаниями, содержащимися в главе 5 тома 1. В случае существенных изменений в сельскохозяйственной практике, затрагивающих выбросы  $\text{CH}_4$  в рамках временного ряда, метод оценки риса следует применять на уровне разукрупнения, который является достаточным для обеспечения различимости последствий этих изменений. Например, увеличение или уменьшение общего объема выбросов может быть вызвано различными тенденциями в (азиатской) практике рисоводства, такими как использование новых сортов риса, расширение использования неорганических удобрений, более рациональное использование воды, изменение методов использования органических удобрений и посадка семян. Для оценки последствий этих изменений может потребоваться проведение исследований на основе моделей.

### ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

*Эффективная практика* заключается в документации и архивации всей информации, необходимой для составления оценок национальных кадастров выбросов, как описано в главе 8 тома 1. *Эффективная практика* заключается в документации оценок выбросов посредством сообщения информации, необходимой для заполнения рабочих формуляров по рисунку в *Руководящих принципах*. Составляющим кадастры учреждениям, которые не пользуются рабочими формулярами, следует предоставлять сопоставимую информацию. Если оценки выбросов детализированы по регионам, должна сообщаться информация по каждому региону.

Для обеспечения прозрачности должна сообщаться следующая дополнительная информация, если таковая имеется:

- Практика использования воды.
- Типы и количества применяемых органических удобрений. (Внесение в почву рисовой соломы или остатков предыдущего урожая (не риса) следует рассматривать в качестве внесения органического удобрения, хотя это может быть обычной производственной практикой и не предназначено для повышения уровней содержания питательных веществ, как в случае добавок навоза).
- Типы почв, используемых для рисоводства.
- Количество урожаев риса, выращиваемых ежегодно.
- Наиболее важные выращиваемые сорта риса.

Составляющим кадастры учреждениям, которые используют конкретные для стран коэффициенты выбросов, следует предоставлять информацию о происхождении и основе каждого коэффициента, сравнивать их с другими опубликованными коэффициентами выбросов, объяснять любые существенные различия и пытаться установить границы неопределенности.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА/КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА (ОК/КК) КАДАСТРА

*Эффективная практика* состоит во внедрении контроля качества в соответствии с главой 6 тома 1 и в проведении экспертного анализа оценок выбросов. Дополнительные проверки в рамках контроля качества, описанные в процедурах уровня 2 в главе 6 тома 1, и процедуры обеспечения качества могут также применяться, особенно в методах более высокого уровня, которые используются для определения выбросов из данного источника.

Подробное описание ОК/КК кадастра для полевых измерений содержится в работе Sass (2002). Ниже выделены и кратко изложены некоторые важные вопросы.

**Измерения стандартных выбросов метана:** Процедуры КК кадастра, используемые на уровне рисового поля, устанавливаются в основном местными учеными. Тем не менее, существуют некоторые установленные для всех стран процедуры для получения «стандартных коэффициентов выбросов», которые должны соблюдаться всеми программами мониторинга. Инструкции для получения стандартных коэффициентов выбросов содержатся в IAEA (1992) и IGAC (1994). Желательно, чтобы каждая лаборатория во всех странах, представляющих отчет, получила бы этот стандартный коэффициент выбросов для обеспечения сравнимости и взаимокалибровки расширенных комплектов данных, используемых для определения коэффициентов выбросов по конкретной стране.

**Компилирование национальных данных о выбросах:** Перед получением данных о выбросах учреждение, составляющее кадастры, должно провести оценку качества данных и процедур выборки. При этом типе анализа требуется тесное сотрудничество с национальными лабораториями для получения достаточной информации, необходимой для подтверждения сообщаемых в отчетности выбросов. Оценка должна включать выборочные перерасчеты, оценку надежности агрономических и климатических данных, определение потенциального отклонения в метрологии и рекомендации по улучшению.

В настоящее время невозможно провести перекрестную проверку оценок выбросов из этой категории источников при помощи внешних измерений. В то же время составляющему кадастр учреждению следует обеспечить, чтобы оценки выбросов прошли контроль качества посредством:

- перекрестных ссылок между совокупными данными об урожайности и сообщенными статистическими данными о площади полей и общенациональными данными или данными из других источников об урожайности/площадах;
- обратного расчета национальных коэффициентов выбросов на основе совокупных данных о выбросах и прочих данных; и
- перекрестных ссылок между сообщенными общенациональными данными и значениями по умолчанию, а также данными из других стран.

## **Приложение 5А.1 Оценка коэффициентов изменений запасов по умолчанию для выбросов/поглощений углерода применительно к минеральным почвам на возделываемых землях**

В таблице 5.5 представлены коэффициенты изменения запасов по умолчанию, которые были рассчитаны с использованием глобальных комплектов данных экспериментальных результатов для обработки почвы, поступлений, сокращения посевных площадей и землепользования. Коэффициент землепользования представляет потери углерода, которые происходят после 20 лет непрерывной обработки. Коэффициенты обработки почвы и поступления представляют воздействие на запасы углерода после 20 лет с момента изменения управления. Коэффициенты сокращения посевных площадей представляют эффект временного изъятия культивируемых возделываемых земель из процесса производства и их консервации под покровом многолетней растительности в течение периода времени, который может достигать 20 лет.

Экспериментальные данные (соответствующие работы указаны в ссылках) были проанализированы в линейных моделях со смешанными воздействиями, учитывающими как фиксированные, так и случайные воздействия. Фиксированные воздействия включали глубину, количество лет со времени изменения управления и тип изменения управления (например, поверхностная обработка по сравнению с отсутствием обработки). Данные по глубине не обобщались, но включали запасы углерода, измеренные для каждого шага повышения глубины (например, 0-5 см, 5-10 см, и 10-30 см) как отдельной точки в комплекте данных. Аналогичным образом временные ряды данных не обобщались, даже в случае таких измерений, которые проводились на одних и тех же участках. Впоследствии случайные воздействия использовались для учета зависимостей во временных рядах данных и между точками данных, представляющими различные глубины из одного и того же исследования. Для оценки дополнительной неопределенности, связанной с применением глобального значения по умолчанию к конкретной стране (дополнительная неопределенность включается в неопределенности по умолчанию), использовалось случайное воздействие национального уровня, если эта неопределенность существенна. Если допущения моделей не удовлетворяли условиям нормальности и однородности дисперсии (в таблицах приводятся пересчитанные величины), то данные подвергались логарифмическому преобразованию с использованием натурального логарифма. Коэффициенты представляют воздействие практики управления в течение 20 лет для верхнего слоя почвы в 30 см, за исключением коэффициента землепользования, который представляет усредненные потери углерода в течение 20 лет или в течение более длительного периода после обработки. Пользователи метода уровня 1 могут аппроксимировать годовое изменение в накоплениях углерода путем деления оценки кадастра на 20. Дисперсия рассчитывалась для каждой из величин коэффициента и может использоваться с простыми методами распространения ошибок или для построения функции распределения вероятностей с плотностью нормального распределения.

## Ссылки

- IPCC (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories. Houghton J.T., Meira Filho L.G., Lim B., Tréanton K., Mamaty I., Bonduki Y., Griggs D.J. Callander B.A. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.
- IPCC (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K., Tanabe K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.
- IPCC (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug, T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/IGES, Hayama, Japan.

## БИОМАССА

- Albrecht, A. and Kandji, S.T. (2003). Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **99**: 15-27.
- Hairiah, K. and Sitompul, S.M. (2000). Assessment and simulation of above-ground and below-ground carbon dynamics. Report to Asia Pacific Network (APN). Brawijaya University, Faculty of Agriculture, Malang, Indonesia..
- Lasco, R.D. and Suson, P.D. (1999). A *Leucaena Leucocephala* -based indigenous fallow system in central Philippines: the Naalad system. *Intl Tree Crops Journal* **10**: 161-174.
- Lasco, R.D., Lales, J.S., Arnuevo, M.T., Guillermo, I.Q., de Jesus, A.C., Medrano, R., Bajar, O.F. and Mendoza, C.V. (2002). Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) storage and sequestration of land cover in the Leyte Geothermal Reservation. *Renewable Energy* **25**: 307-315.
- Lasco, R.D., Sales, R.F., Estrella, R., Saplaco, S.R., Castillo, A.S.A., Cruz, R.V.O. and Pulhin, F.B. (2001). Carbon stocks assessment of two agroforestry systems in the Makiling Forest Reserve, Philippines. *Philippine Agricultural Scientist* **84**: 401-407.
- Millennium Ecosystems Assessment (2005). Ecosystems and Human Well-being: A Synthesis. Island Press, Washington DC. 137pp.
- Moore III, B. (2002). Chapter 2 Challenges of a changing earth. In, *Challenges of a Changing Earth* (W. Steffen, J. Jaeger, D.J. Carson, and C. Bradshaw, eds). Berlin: Springer-Verlag. Pp. 7-17.
- Palm, C.A., Woomey, P.L., Alegre, J., Arevalo, L., Castilla, C., Cordeiro, D.G., Feigl, B., Hairiah, K., Kotto-Same, J., Mendes, A., Maukam, A., Murdiyarso, D., Njomgang, R., Parton, W.J., Ricse, A., Rodrigues, V., Sitompul, S.M. and van Noordwijk, M. (1999). Carbon sequestration and trace gas emissions in slash-and-burn and alternative land-uses in the Humid Tropics. ACB Climate Change Working Group. Final Report Phase II, Nairobi, Kenya.
- Siregar, C.A. and Gintings, Ng. (2000). Research activities related to ground biomass measurement at Forestry Research Development Agency. Paper presented at the Workshop on LUCG and Greenhouse Gas Emissions Biophysical Data. Institut Pertanian Bogor. Indonesia, 16 December 2000.
- Tjitrosemito, S. and Mawardi, I. (2000). 'Terrestrial carbon stock in oil palm plantation', Paper presented at the Science Policy Workshop on Terrestrial Carbon Assessment for Possible Trading under CDM Projects, Bogor, Indonesia 28-29 February 2000.
- Tomich, T.P., van Noordwijk, M., Budidarsono, S., Gillison, A., Kusumanto, T., Murdiyarso, D., Stolle, T. and Fagi, A.M. (1998). Alternative to slash and burn in Indonesia. Summary Report and Synthesis of Phase II. ASB-Indonesia, Report No. 8, ICRAF, Bogor, Indonesia.
- Wasrin, U.R., Rohiani, A., Putera, A.E. and Hidayat, A. (2000). Assessment of above-ground C-stock using remote sensing and GIS technique. Final Report, Seameo Biotrop, Bogor, 28p.

## ПОЧВЫ

- Armentano, T.V. and Menges, E.S. (1986). Patterns of change in the carbon balance of organic soil-wetlands of the temperate zone. *Journal of Ecology* **74**: 755-774.
- Augustin, J., Merbach, W., Schmidt, W. and Reining, E. (1996). Effect of changing temperature and water table on trace gas emission from minerotrophic mires. *Journal of Applied Botany-Angewandte Botanik* **70**, 45-51.

- Bruce, J.P., Frome, M., Haites, E., Janzen, H., Lal, R. and Paustian, K. (1999). Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil and Water Conservation* **54**:382-389.
- Davidson, E.A. and Ackerman, I.L. (1993). Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. *Biogeochemistry*, **20**:161-164.
- Falloon, P. and Smith, P. (2003). Accounting for changes in soil carbon under the Kyoto Protocol: need for improved long-term data sets to reduce uncertainty in model projections. *Soil Use and Management*, **19**, 265-269.
- Freibauer, A. (2003). Biogenic Emissions of Greenhouse Gases from European Agriculture. *European Journal of Agronomy* **19**(2): 135-160.
- Freibauer, A. and Kaltschmitt, M. (eds). (2001). Biogenic greenhouse gas emissions from agriculture in Europe. European Summary Report of the EU concerted action FAIR3-CT96-1877, Biogenic emissions of greenhouse gases caused by arable and animal agriculture, 220 p.
- Glenn, S.M., Hayes, A. and Moore, T.R. (1993). Methane and carbon dioxide fluxes from drained peatland soils, southern Quebec. *Global Biogeochemical Cycles* **7**:247-257
- Kasimir-Klemedtsson, A., Klemedtsson, L., Berglund, K., Martikainen, P., Silvola, J. and Oenema, O. (1997). Greenhouse gas emissions from farmed organic soils: a review. *Soil Use and Management* **13**:245-250.
- Leifeld, J., Bassin, S. and Fuhrer, J. (2005). Carbon stocks in Swiss agricultural soils predicted by land-use, soil characteristics, and altitude. *Agriculture Ecosystems & Environment* **105**, 255-266.
- Lohila, A., Aurela, M., Tuovinen, J.P. and Laurila, T. (2004). Annual CO<sub>2</sub> exchange of a peat field growing spring barley or perennial forage grass. *Journal of Geophysical Research* **109**, D18116
- Maljanen, M., Martikainen, P.J., Walden, J. and Silvola, J. (2001). CO<sub>2</sub> exchange in an organic field growing barley or grass in eastern Finland. *Global Change Biology* **7**, 679-692.
- Maljanen, M., Komulainen, V.M., Hytonen, J., Martikainen, P. and Laine, J. (2004). Carbon dioxide, nitrous oxide and methane dynamics in boreal organic agricultural soils with different soil characteristics. *Soil Biology and Biochemistry* **36**, 1801-1808.
- Mann, L.K. (1986). Changes in soil carbon storage after cultivation. *Soil Science* **142**:279-288.
- McGill, W. B. (1996). Review and classification of ten soil organic matter models. In: Powlson D.S., Smith P., and Smith J.U. (eds.). *Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-Term Datasets*. Springer-Verlag, Heidelberg: pp. 111-132.
- Monte, L, Hakanson, L., Bergstrom, U., Brittain, J. and Heling, R. (1996). Uncertainty analysis and validation of environmental models: the empirically based uncertainty analysis. *Ecological Modelling* **91**:139-152.
- Nusser, S.M. and Goebel, J.J. (1997). The National Resources Inventory: a long-term multi-resource monitoring programme. *Environmental and Ecological Statistics* **4**:181-204.
- Nykänen, H., Alm, J., Lang, K., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (1995). Emissions of CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> from a virgin fen and a fen drained for grassland in Finland. *Journal of Biogeography* **22**, 351-357.
- Ogle, S.M., Breidt, F.J., Eve, M.D. and Paustian, K. (2003). Uncertainty in estimating land-use and management impacts on soil organic carbon storage for U.S. agricultural lands between 1982 and 1997. *Global Change Biology* **9**:1521-1542.
- Ogle, S.M., Breidt, F.J. and Paustian, K. (2005). Agricultural management impacts on soil organic carbon storage under moist and dry climatic conditions of temperate and tropical regions. *Biogeochemistry* **72**:87-121.
- Ogle, S.M., Breidt, F.J. and Paustian, K. (2006). Bias and variance in model results associated with spatial scaling of measurements for parameterization in regional assessments. *Global Change Biology* **12**:516-523.
- Paustian, K., Andren, O., Janzen, H.H., Lal, R., Smith, P., Tian, G., Tiessen, H., van, Noordwijk, M. and Woerner, P.L. (1997). Agricultural soils as a sink to mitigate CO<sub>2</sub> emissions. *Soil Use and Management* **13**:230-244.
- Pierce, F. J., Fortin, M.-C. and Staton, M.J. (1994). Periodic plowing effects on soil properties in a no-till farming system. *Soil Science Society of America Journal* **58**:1782-1787.

- Powers, J. S., Read, J. M., Denslow, J. S. and Guzman, S. M. (2004). Estimating soil carbon fluxes following land-cover change: a test of some critical assumptions for a region in Costa Rica. *Global Change Biology* **10**:170-181.
- Smith, J.E. and Heath, L.S. (2001). Identifying influences on model uncertainty: an application using a forest carbon budget model. *Environmental Management* **27**:253-267.
- Smith, P., Powlson, D.S., Smith, J.U. and Elliott, E.T. (eds) (1997). Evaluation and comparison of soil organic matter models. Special Issue, *Geoderma* **81**:1-225.
- Smith, P., Powlson, D.S., Glendining, M.J. and Smith, J.U. (1998) Preliminary estimates of the potential for carbon mitigation in European soils through no-till farming. *Global Change Biology* **4**: 679-685.
- VandenBygaart, A.J., Gregorich, E.G., Angers, D.A., et al. (2004). Uncertainty analysis of soil organic carbon stock change in Canadian cropland from 1991 to 2001. *Global Change Biology* **10**:983-994.

### **ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТОВ ИЗМЕНЕНИЙ ЗАПАСОВ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ВЫБРОСОВ/ПОГЛОЩЕНИЙ УГЛЕРОДА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К МИНЕРАЛЬНЫМ ПОЧВАМ НА ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ANNEX 5A.1**

- Agbenin, J.O. and Goladi, J.T. (1997). Carbon, nitrogen and phosphorus dynamics under continuous cultivation as influenced by farmyard manure and inorganic fertilizers in the savanna of northern Nigeria. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:17-24.
- Ahl, C., Joergensen, R.G., Kandeler, E., Meyer, B. and Woehler, V. (1998). Microbial biomass and activity in silt and sand loams after long-term shallow tillage in central Germany. *Soil and Tillage Research* **49**:93-104.
- Alvarez, R., Russo, M.E., Prystupa, P., Scheiner, J.D. and Blotta, L. (1998). Soil carbon pools under conventional and no-tillage systems in the Argentine Rolling Pampa. *Agronomy Journal* **90**:138-143.
- Angers, D.A., Bolinder, M.A., Carter, M.R., Gregorich, E.G., Drury, C.F., Liang, B.C., Voroney, R.P., Simard, R.R., Donald, R.G., Beyaert, R.P. and Martel, J. (1997). Impact of tillage practices on organic carbon and nitrogen storage in cool, humid soils of eastern Canada. *Soil and Tillage Research* **41**:191-201.
- Angers, D.A., Voroney, R.P. and Cote, D. (1995). Dynamics of soil organic matter and corn residues affected by tillage practices. *Soil Science Society of America Journal* **59**:1311-1315.
- Anken, T., Weisskopf, P., Zihlmann, U., Forrer, H., Jansa, J. and Perhacova, K. (2004). Long-term tillage system effects under moist cool conditions in Switzerland. *Soil and Tillage Research* **78**:171-183.
- Baer, S.G., Rice, C.W. and Blair, J.M. (2000). Assessment of soil quality in fields with short and long term enrollment in the CRP. *Journal of Soil and Water Conservation* **55**:142-146.
- Balesdent, J., Mariotti, A. and Boisgontier, D. (1990). Effect of tillage on soil organic carbon mineralization estimated from <sup>13</sup>C abundance in maize fields. *Journal of Soil Science* **41**:587-596.
- Barber, R.G., Orellana, M., Navarro, F., Diaz, O. and Soruco, M.A. (1996). Effects of conservation and conventional tillage systems after land clearing on soil properties and crop yield in Santa Cruz, Bolivia. *Soil and Tillage Research* **38**:133-152.
- Bauer, A. and Black, A.L. (1981). Soil carbon, nitrogen, and bulk density comparisons in two cropland tillage systems after 25 years and in virgin grassland. *Soil Science Society of America Journal* **45**:166-1170.
- Bayer, C., Mielniczuk, J., Martin-Neto, L. and Ernani, P.R. (2002). Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. *Plant and Soil* **238**:133-140.
- Bayer, C., Mielniczuk, J., Amado, T.J.C., Martin-Neto, L. and Fernández, S.V. (2000). Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil and Tillage Research* **54**:101-109.
- Beare, M.H., Hendrix, P.F. and Coleman, D.C. (1994). Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional- and no-tillage soils. *Soil Science Society of America Journal* **58**: 777-786.
- Beyer, L. (1994). Effect of cultivation on physico-chemical, humus-chemical and biotic properties and fertility of two forest soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **48**:179-188.
- Black, A.L. and Tanaka, D.L. (1997). A conservation tillage-cropping systems study in the Northern Great Plains of the United States. Pages 335-342 in Paul, E.A., K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole, editors. *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-term Experiments in North America*. CRC Press. Boca Raton, FL.

- Blanco-Canqui, H., Gantzer, C.J., Anderson, S.H. and Alberts, E.E. (2004). Tillage and crop influences on physical properties for an Epiqualf. *Soil Science Society of America Journal* **68**:567-576.
- Bordovsky, D.G., Choudhary, M. and Gerard, C.J. (1999). Effect of tillage, cropping, and residue management on soil properties in the Texas rolling plains. *Soil Science* **164**:331-340.
- Borin, M., Menini, C. and Sartori, L. (1997). Effects of tillage systems on energy and carbon balance in north-eastern Italy. *Soil and Tillage Research* **40**:209-226.
- Borresen, T. and Njos, A. (1993). Ploughing and rotary cultivation for cereal production in a long-term experiment on a clay soil in southeastern Norway. 1. Soil properties. *Soil and Tillage Research* **28**:97-108.
- Bowman, R.A. and Anderson, R.L. (2002). Conservation Reserve Program: Effects on soil organic carbon and preservation when converting back to cropland in northeastern Colorado. *Journal of Soil and Water Conservation* **57**:121-126.
- Bremer, E., Janzen, H.H. and Johnston, A.M. (1994). Sensitivity of total, light fraction and mineralizable organic matter to management practices in a Lethbridge soil. *Canadian Journal of Soil Science* **74**:131-138.
- Burke, I.C., Lauenroth, W.K. and Coffin, D.P. (1995). Soil organic matter recovery in semiarid grasslands: implications for the Conservation Reserve Program. *Ecological Applications* **5**:793-801.
- Buschiazzo, D.E., Panigatti, J.L. and Unger, P.W. (1998). Tillage effects on soil properties and crop production in the subhumid and semiarid Argentinean Pampas. *Soil and Tillage Research* **49**:105-116.
- Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1998). Carbon cycling in cultivated land and its global significance. *Global Change Biology* **4**:131-141
- Buyanovsky, G.A., Kucera, C.L. and Wagner, G.H. (1987). Comparative analysis of carbon dynamics in native and cultivated ecosystems. *Ecology* **68**:2023-2031.
- Cambardella, C.A. and Elliott, E.T. (1992). Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal* **56**:777-783.
- Campbell, C.A. and Zentner, R.P. (1997). Crop production and soil organic matter in long-term crop rotations in the semi-arid northern Great Plains of Canada. Pages 317-334 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Campbell, C.A., McConkey, B.G., Zentner, R.P., Selles, F. and Curtin, D. (1996). Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science* **76**:395-401.
- Campbell, C.A., Lafond, G.P., Moulin, A.P., Townley-Smith, L. and Zentner, R.P. (1997). Crop production and soil organic matter in long-term crop rotations in the sub-humid northern Great Plains of Canada. Pages 297-315 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Campbell, C.A., Bowren, K.E., Schnitzer, M., Zentner, R.P. and Townley-Smith, L. (1991). Effect of crop rotations and fertilization on soil organic matter and some biochemical properties of a thick black Chernozem. *Canadian Journal of Soil Science* **71**: 377-387.
- Campbell, C.A., Zentner, R.P., Selles, F., Biederbeck, V.O., McConkey, B.G., Blomert, B. and Jefferson, P.G. (2000). Quantifying short-term effects of crop rotations on soil organic carbon in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science* **80**:193-202.
- Campbell, C.A., Biederbeck, V.O., McConkey, B.G., Curtin, D. and Zentner, R.P. (1999). Soil quality - effect of tillage and fallow frequency. Soil organic matter quality as influenced by tillage and fallow frequency in a silt loam in southwestern Saskatchewan. *Soil Biology and Biochemistry* **31**:1-7.
- Campbell, C.A., Biederbeck, V.O., Wen, G., Zentner, R.P., Schoenau, J. and Hahn, D. (1999). Seasonal trends in selected soil biochemical attributes: Effects of crop rotation in the semiarid prairie. *Canadian Journal of Soil Science* **79**:73-84.
- Campbell, C.A., Biederbeck, V.O., Zentner, R.P. and Lafond, G.P. (1991). Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter microbial biomass and respiration in a thin Black Chernozem. *Canadian Journal of Soil Science* **71**: 363-376.
- Carter, M.R., Johnston, H.W. and Kimpinski, J. (1988). Direct drilling and soil loosening for spring cereals on a fine sandy loam in Atlantic Canada. *Soil and Tillage Research* **12**:365-384.

- Carter, M.R., Sanderson, J.B., Ivany, J.A. and White, R.P. (2002). Influence of rotation and tillage on forage maize productivity, weed species, and soil quality of a fine sandy loam in the cool-humid climate of Atlantic Canada, *Soil & Tillage Research*, **67**:85-98.
- Carter, M.R. (1991). Evaluation of shallow tillage for spring cereals on a fine sandy loam. 2. Soil physical, chemical and biological properties. *Soil and Tillage Research* **21**:37-52.
- Chan, K.Y., Roberts, W.P. and Heenan, D.P. (1992). Organic carbon and associated soil properties of a red Earth after 10 years of rotation under different stubble and tillage practices. *Australian Journal of Soil Research* **30**: 71-83.
- Chan, K.Y. and Mead, J.A. (1988). Surface physical properties of a sandy loam soil under different tillage practices. *Australian Journal of Soil Research* **26**:549-559.
- Chaney, B.K., Hodson, D.R. and Braim, M.A. (1985). The effects of direct drilling, shallow cultivation and ploughing on some soil physical properties in a long-term experiment on spring barley. *J. Agric. Sci., Camb.* **104**:125-133.
- Clapp, C.E., Allmaras, R.R., Layese, M.F., Linden, D.R. and Dowdy, R.H. (2000). Soil organic carbon and <sup>13</sup>C abundance as related to tillage, crop residue, and nitrogen fertilization under continuous corn management in Minnesota. *Soil and Tillage Research* **55**:127-142.
- Collins, H.P., Blevins, R.L., Bundy, L.G., Christenson, D.R., Dick, W.A., Huggins, D.R. and Paul, E.A. (1999). Soil carbon dynamics in corn-based agroecosystems: results from carbon-13 natural abundance. *Soil Science Society of America Journal* **63**:584-591.
- Corazza, E.J. *et al.* (1999). Behavior of different management systems as a source or sink of C-CO<sub>2</sub> in relation to cerrado type vegetation. *R.Bras Ci.Solo* **23**:425-432.
- Costantini, A., Cosentino, D. and Segat, A. (1996). Influence of tillage systems on biological properties of a Typic Argiudoll soil under continuous maize in central Argentina. *Soil and Tillage Research* **38**:265-271.
- Dalal, R.C. (1989). Long-term effects of no-tillage, crop residue, and nitrogen application on properties of a Vertisol. *Soil Science Society of America Journal* **53**:1511-1515.
- Dalal, R.C. and Mayer, R.J. (1986). Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. I. Overall changes in soil properties and trends in winter cereal yields. *Australian Journal of Soil Research* **24**:265-279.
- Dalal R.C., Henderson P.A. and Glasby J.M. (1991). Organic matter and microbial biomass in a vertisol after 20 yr of zero tillage. *Soil Biology and Biochemistry* **23**:435-441.
- Dick, W.A. and Durkalski, J.T. (1997). No-tillage production agriculture and carbon sequestration in a Typic Fragiudalf soil of Northeastern Ohio. Pages 59-71 in Lal, R., J.M. Kimble, R.F. Follett, and B.A. Stewart, editors. *Advances in Soil Science: Management of Carbon Sequestration in Soil*. CRC Press Inc. Boca Raton, FL.
- Dick, W.A., Edwards, W.M. and McCoy, E.L. (1997). Continuous application of no-tillage to Ohio soils: Changes in crop yields and organic matter-related soil properties. Pages 171-182 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. *Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Doran, J.W., Elliott, E.T. and Paustian, K. (1998). Soil microbial activity, nitrogen cycling, and long-term changes in organic carbon pools as related to fallow tillage management. *Soil and Tillage Research* **49**:3-18.
- Duiker, S.W. and Lal, R. (1999). Crop residue and tillage effects on carbon sequestration in a luvisol in central Ohio. *Soil and Tillage Research* **52**:73-81.
- Edwards, J.H., Wood, C.W., Thurlow, D.L. and Ruf, M.E. (1992). Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludult soil. *Soil Science Society of America Journal* **56**:1577-1582.
- Eghball, B., Mielke, L.N., McCallister, D.L. and Doran, J.W. (1994). Distribution of organic carbon and inorganic nitrogen in a soil under various tillage and crop sequences. *Journal of Soil and Water Conservation* **49**: 201-205.
- Fabrizzi, K.P., Moron, A. and Garcia, F.O. (2003). Soil carbon and nitrogen organic fractions in degraded vs. non-degraded Mollisols in Argentina. *Soil Science Society of America Journal* **67**:1831-1841.
- Fitzsimmons, M.J., Pennock, D.J. and Thorpe, J. (2004). Effects of deforestation on ecosystem carbon densities in central Saskatchewan, Canada. *Forest Ecology and Management* **188**: 349-361.

- Fleige, H. and Baeumer, K. (1974). Effect of zero-tillage on organic carbon and total nitrogen content, and their distribution in different N-fractions in loessial soils. *Agro-Ecosystems* **1**:19-29.
- Follett, R.F. and Peterson, G.A. (1988). Surface soil nutrient distribution as affected by wheat-fallow tillage systems. *Soil Science Society of America Journal* **52**:141-147.
- Follett, R.F., Paul, E.A., Leavitt, S.W., Halvorson, A.D., Lyon, D. and Peterson, G.A. (1997). Carbon isotope ratios of Great Plains soils and in wheat-fallow systems. *Soil Science Society of America Journal* **61**:1068-1077.
- Follett, R.F., Pruessner, E.G., Samson-Liebig, S.E., Kimble, J.M. and Waltman, S.W. (2001). Carbon sequestration under the Conservation Reserve Program in the historic grassland soils of the United States of America. Pages 1-14 in Lal, R., and K. McSweeney, editors. *Soil Management for Enhancing Carbon Sequestration*. SSSA Special Publication. Madison, WI.
- Franzluebbers, A.J. and Arshad, M.A. (1996). Water-stable aggregation and organic matter in four soils under conventional and zero tillage. *Canadian Journal of Soil Science* **76**:387-393.
- Franzluebbers, A.J., Hons, F.M. and Zuberer, D.A. (1995). Soil organic carbon, microbial biomass, and mineralizable carbon and nitrogen in sorghum. *Soil Science Society of America* **59**:460-466.
- Franzluebbers, A.J., Langdale, G.W. and Schomberg, H.H. (1999). Soil carbon, nitrogen, and aggregation in response to type and frequency of tillage. *Soil Science Society of America Journal* **63**:349-355.
- Freitas, P.L., Blancaneaux, P., Gavinelly, E., Larre-Larrouy, M.-C. and Feller, C. (2000). Nivel e natureza do estoque organico de latossols sob diferentes sistemas de uso e manejo, Pesq.agropec.bras. *Brasilia* **35**: 157-170.
- Freixo, A.A., Machado, P., dos Santos, H.P., Silva, C.A. and Fadigas, F. (2002). Soil organic carbon and fractions of a Rhodic Ferralsol under the influence of tillage and crop rotation systems in southern Brazil. *Soil and Tillage Research* **64**:221-230.
- Frye, W.W. and Blevins, R.L. (1997). Soil organic matter under long-term no-tillage and conventional tillage corn production in Kentucky. Pages 227-234 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. *Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Garcia-Prechac, F., Ernst, O., Siri-Prieto, G. and Terra, J.A. (2004). Intergrating no-till into crop-pasture rotations in Uruguay. *Soil and Tillage Research* **77**:1-13.
- Gebhart, D.L., Johnson, H.B., Mayeux, H.S. and Polley, H.W. (1994). The CRP increases soil organic carbon. *Journal of Soil and Water Conservation* **49**:488-492.
- Ghuman, B.S. and Sur, H.S. (2001). Tillage and residue management effects on soil properties and yields of rainfed maize and wheat in a subhumid subtropical climate. *Soil and Tillage Research* **58**:1-10.
- Girma, T. (1998). Effect of cultivation on physical and chemical properties of a Vertisol in Middle Awash Valley, Ethiopia. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **29**:587-598.
- Graham, M.H., Haynes, R.J. and Meyer, J.H. (2002). Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. *Soil Biology and Biochemistry* **34**:93-102.
- Grandy, A.S., Porter, G.A. and Erich, M.S. (2002). Organic amendment and rotation crop effects on the recovery of soil organic matter and aggregation in potato cropping systems. *Soil Science Society of America Journal* **66**:1311-1319.
- Gregorich, E.G., Ellert, B.H., Drury, C.F. and Liang, B.C. (1996). Fertilization effects on soil organic matter turnover and corn residue C storage. *Soil Science Society of America Journal* **60**:472-476.
- Grunzweig, J.M., Sparrow, S.D., Yakir, D. and Chapin III, F.S. (2004). Impact of agricultural land-use change on carbon storage in boreal Alaska. *Global Change Biology* **10**:452-472.
- Hadas, A., Agassi, M., Zhevelev, H., Kautsky, L., Levy, G.J., Fizik, E. and Gotessman, M. (2004). Mulching with composted municipal solid wastes in the Central Negev, Israel II. Effect on available nitrogen and phosphorus and on organic matter in soil. *Soil and Tillage Research* **78**:115-128.
- Halvorson, A.D., Wienhold, B.J. and Black, A.L. (2002). Tillage, nitrogen, and cropping system effects on soil carbon sequestration. *Soil Science Society of America Journal* **66**:906-912.
- Halvorson, A.D., Reule, C.A. and Follett, R.F. (1999). Nitrogen fertilization effects on soil carbon and nitrogen in a dryland cropping system. *Soil Science Society of America Journal* **63**:912-917.

- Halvorson, A.D., Vigil, M.F., Peterson, G.A. and Elliott, E.T. (1997). Long-term tillage and crop residue management study at Akron, Colorado. Pages 361-370 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Hansmeyer, T.L., Linden, D.R., Allan, D.L. and Huggins, D.R. (1998). Determining carbon dynamics under no-till, ridge-till, chisel, and moldboard tillage systems within a corn and soybean cropping sequence. Pages 93-97 in Lal R., J.M. Kimble, R.F. Follett, and B.A. Stewart, editors. Advances in Soil Science: Management of Carbon Sequestration in Soil. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Hao, X., Chang, C. and Lindwall, C.W. (2001). Tillage and crop sequence effects on organic carbon and total nitrogen content in an irrigated Alberta soil. *Soil and Tillage Research* **62**:167-169.
- Harden, J.W., Sharpe, J.M., Parton, W.J., Ojima, D.S., Fries, T.L., Huntington, T.G. and Dabney, S.M. (1999). Dynamic replacement and loss of soil carbon on eroding cropland. *Global Biogeochemical Cycles* **14**:885-901.
- Havlin, J.L. and Kissel, D.E. (1997). Management effects on soil organic carbon and nitrogen in the East-Central Great Plains of Kansas. Pages 381-386 in Paul, E.A., K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole, editors. Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-term Experiments in North America. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Hendrix, P.F. (1997). Long-term patterns of plant production and soil carbon dynamics in a Georgia piedmont agroecosystem. Pages 235-245 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Hernanz, J.L., Lopez, R., Navarrete, L. and Sanchez-Giron, V. (2002). Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. *Soil and Tillage Research* **66**:129-141.
- Hulugalle, N.R. (2000). Carbon sequestration in irrigated vertisols under cotton-based farming systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **31**:645-654.
- Hussain, I., Olson, K.R., Wander, M.M. and Karlen, D.L. (1999). Adaption of soil quality indices and application to three tillage systems in southern Illinois. *Soil and Tillage Research* **50**:237-249.
- Ihori, T., Burke, I.C., Lauenroth, W.K. and Coffin, D.P. (1995). Effects of cultivation and abandonment on soil organic matter in Northeastern Colorado. *Soil Science Society of America Journal* **59**:1112-1119.
- Jackson, L.E., Ramirez, I., Yokota, R., Fennimore, S.A., Koike, S.T., Henderson, D.M., Chaney, W.E., Calderon, F.J. and Klonsky, K. (2004). *Agriculture, Ecosystems and Environment* **103**:443-463.
- Janzen, H.H. (1987). Soil organic matter characteristics after long-term cropping to various spring wheat rotations. *Canadian Journal of Soil Science* **67**:845-856.
- Jastrow, J.D., Miller, R.M. and Lussenhop, J. (1998). Contributions of interacting biological mechanisms to soil aggregate stabilization in restored prairie. *Soil Biology and Biochemistry* **30**:905-916.
- Karlen, D.L., Kumar, A., Kanwar, R.S., Cambardella, C.A. and Colvin, T.S. (1998). Tillage system effects on 15-year carbon-based and simulated N budgets in a tile-drained Iowa field. *Soil and Tillage Research* **48**:155-165.
- Karlen, D.L., Rosek, M.J., Gardner, J.C., Allan, D.L., Alms, M.J., Bezdicek, D.F., Flock, M., Huggins, D.R., Miller, B.S. and Staben, M.L. (1999). Conservation Reserve Program effects on soil quality indicators. *Journal of Soil and Water Conservation* **54**:439-444.
- Karlen, D.L., Wollenhaupt, N.C., Erbach, D.C., Berry, E.C., Swan, J.B., Eash, N.S. and Jordahl, J.L. (1994). Long-term tillage effects on soil quality. *Soil and Tillage Research* **32**:313-327.
- Knowles, T.A. and Singh, B. (2003). Carbon storage in cotton soils of northern New South Wales. *Australian Journal of Soil Research* **41**:889-903.
- Kushwaha, C.P., Tripathi, S.K. and Singh, K.P. (2000). Variations in soil microbial biomass and N availability due to residue and tillage management in a dryland rice agroecosystem. *Soil and Tillage Research* **56**:153-166.
- Lal, R. (1998). Soil quality changes under continuous cropping for seventeen seasons of an alfisol in western Nigeria. *Land Degradation and Development* **9**:259-274.
- Lal, R., Mahboubi, A.A. and Fausey, N.R. (1994). Long-term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. *Soil Science Society of America Journal* **58**:517-522.

- Larney, F.J., Bremer, E., Janzen, H.H., Johnston, A.M. and Lindwall, C.W. (1997). Changes in total, mineralizable and light fraction soil organic matter with cropping and tillage intensities in semiarid southern Alberta, Canada. *Soil and Tillage Research* **42**:229-240.
- Lilienfein, J., Wilcke, W., Vilela, L., do Carmo Lima, S., Thomas, R. and Zech, W. (2000). Effect of no-tillage and conventional tillage systems on the chemical composition of soil solid phase and soil solution of Brazilian savanna. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* **163**: 411-419.
- Ludwig, B., John, B., Ellerbrock, R., Kaiser, M. and Flessa, H. (2003). Stabilization of carbon from maize in a sandy soil in a long-term experiment. *European Journal of Soil Science* **54**:117-126.
- McCarty, G.W., Lyssenko, N.N. and Starr, J.L. (1998). Short-term changes in soil carbon and nitrogen pools during tillage management transition. *Soil Science Society of America Journal* **62**:1564-1571.
- Mielke, L.N., Doran, J.W. and Richards, K.A. (1986). Physical environment near the surface of plowed and no-tilled soils. *Soil and Tillage Research* **7**:355-366.
- Mikhailova, E.A., Bryant, R.B., Vassenev, I.I., Schwager, S.J. and Post, C.J. (2000). Cultivation effects on soil carbon and nitrogen contents at depth in the Russian Chernozem. *Soil Science Society of America Journal* **64**:738-745.
- Mrabet, R., Saber, N., El-brahli, A., Lahlou, S. and Bessam, F. (2001). Total, particulate organic matter and structural stability of a Calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Morocco. *Soil & Tillage Research* **57**: 225-235.
- Nyborg, M., Solberg, E.D., Malhi, S.S. and Izaurrealde, R.C. (1995). Fertilizer N, crop residue, and tillage alter soil C and N content in a decade. Pages 93-99 in Lal, R., J. Kimble, E. Levine, and B.A. Stewart, editors. *Advances in Soil Science: Soil Management and Greenhouse effect*. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Parfitt, R.L., Theng, B.K.G., Whitton, J.S. and Shepherd, T.G. (1997). Effects of clay minerals and land use on organic matter pools. *Geoderma* **75**:1-12.
- Patwardhan, A.S., Chinnaswamy, R.V., Donigian Jr., A.S., Metherell, A.K., Blevins, R.L., Frye, W.W., and Paustian, K. (1995). Application of the Century soil organic matter model to a field site in Lexington, KY. Pages 385-394 in Lal, R., J. Kimble, E. Levine, and B.A. Stewart, editors. *Advances in Soil Science: Soils and Global Change*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Paustian, K. and Elliott, E.T. Unpublished data. Field sampling of long-term experiments in U.S. and Canada for EPA carbon sequestration project.
- Pennock, D.J. and van Kessel, C. (1997). Effect of agriculture and of clear-cut forest harvest on landscape-scale soil organic carbon storage in Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science* **77**:211-218.
- Pierce, F.J. and Fortin, M.-C. (1997). Long-term tillage and periodic plowing of a no-tilled soil in Michigan: Impacts, yield, and soil organic matter. Pages 141-149 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. *Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Potter, K.N., Torbert, H.A., Johnson, H.B. and Tischler, C.R. (1999). Carbon storage after long-term grass establishment on degraded soils. *Soil Science* **164**:718-723.
- Potter, K.N., Torbert, H.A., Jones, O.R., Matocha, J.E., Morrison Jr., J.E., and Unger, P.W. (1998). Distribution and amount of soil organic C in long-term management systems in Texas. *Soil and Tillage Research* **47**:309-321.
- Potter, K.N., Jones, O.R., Torbert, H.A. and Unger, P.W. (1997). Crop rotation and tillage effects on organic carbon sequestration in the semiarid southern Great Plains. *Soil Science* **162**:140-147.
- Powelson, D.S. and Jenkinson, D.S. (1982). A comparison of the organic matter, biomass, adenosine triphosphate and mineralizable nitrogen contents of ploughed and direct-drilled soils. *J. Agric. Sci. Camb.* **97**:713-721.
- Rasmussen, P.E. and Albrecht, S.L. (1998). Crop management effects on organic carbon in semi-arid Pacific Northwest soils. Pages 209-219 in Lal R., J.M. Kimble, R.F. Follett, and B.A. Stewart, editors. *Advances in Soil Science: Management of Carbon Sequestration in Soil*. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Reeder, J.D., Schuman, G.E. and Bowman, R.A. (1998). Soil C and N changes on Conservation Reserve Program lands in the Central Great Plains. *Soil and Tillage Research* **47**:339-349.
- Rhoton, F.E., Bruce, R.R., Buehring, N.W., Elkins, G.B., Langdale, C.W. and Tyler, D.D. (1993). Chemical and physical characteristics of four soil types under conventional and no-tillage systems. *Soil and Tillage Research* **28**: 51-61.

- Robles, M.D. and Burke, I.C. (1997). Legume, grass, and conservation reserve program effects on soil organic matter recovery. *Ecological Applications* **7**:345-357.
- Ross, C.W. and Hughes, K.A. (1985). Maize/oats forage rotation under 3 cultivation systems, 1978-83 2. Soil properties. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **28**:209-219.
- Sa, J.C.M., Cerri, C.C., Dick, W.A., Lal, R., Filho, S.P.V., Piccolo, M.C. and Feigl, B.E. (2001). Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Science Society of America Journal* **65**:1486-1499.
- Saffigna, P.G., Powlson, D.S., Brookes, P.C. and Thomas, G.A. (1989). Influence of sorghum residues and tillage on soil organic matter and soil microbial biomass in an Australian vertisol. *Soil Biology and Biochemistry* **21**: 759-765.
- Saggarr, S., Yeates, G.W. and Shepherd, T.G. (2001). Cultivation effects on soil biological properties, microfauna and organic matter dynamics in Eutric Gleysol and Gleyic Luvisol soils in New Zealand. *Soil and Tillage Research* **58**:55-68.
- Sainju, U.M., Singh, B.P. and Whitehead, W.F. (2002). Long-term effects of tillage, cover crops, and nitrogen fertilization on organic carbon and nitrogen concentrations in sandy loam soils in Georgia, USA. *Soil and Tillage Research* **63**:167-179.
- Salinas-Garcia, J.R., Hons, F.M. and Matocha, J.E. (1997). Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics. *Soil Science Society of America Journal* **61**:152-159.
- Schiffman, P.M., and Johnson, W.C. (1989). Phytomass and detrital carbon storage during forest regrowth in the southeastern United States Piedmont. *Canadian Journal of Forest Research* **19**:69-78.
- Sherrod, L.A., Peterson, G.A., Westfall, D.G. and Ahuja, L.R. (2006). Cropping intensification enhances soil organic carbon and nitrogen in a no-till agroecosystem. *Soil Science Society of America Journal*. (in press).
- Sidhu, A.S. and Sur, H.S. (1993). Effect of incorporation of legume straw on soil properties and crop yield in a maize-wheat sequence. *Tropical Agriculture (Trinidad)* **70**:226-229.
- Six, J., Elliot, E.T., Paustian, K. and Doran, J.W. (1998). Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Science Society of America Journal* **62**:1367-1377.
- Six, J., Paustian, K., Elliott, E.T. and Combrink, C. (2000). Soil structure and organic matter: I. Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. *Soil Science Society of America Journal* **64**:681-689
- Slobodian, N., van Rees, K., and Pennock, D. (2002). Cultivation-induced effects on below-ground biomass and organic carbon. *Soil Science Society of America Journal* **66**:924-930.
- Solomon, D., Fritzsche, F., Lehmann, J., Tekalign, M. and Zech, W. (2002). Soil organic matter dynamics in the subhumid agroecosystems of the Ethiopian Highlands: evidence from natural <sup>13</sup>C abundance and particle-size fractionation. *Soil Science Society of America Journal* **66**: 969-978.
- Sparling, G.P., Schipper, L.A., Hewitt, A.E. and Degens, B.P. (2000). Resistance to cropping pressure of two New Zealand soils with contrasting mineralogy. *Australian Journal of Soil Research* **38**:85-100.
- Stenberg, M., Stenberg, B. and Rydberg, T. (2000). Effects of reduced tillage and liming on microbial activity and soil properties in a weakly-structured soil. *Applied Soil Ecology* **14**:135-145.
- Tabeada, M.A., Micucci, F.G., Cosentino, D.J. and Lavado, R.S. (1998). Comparison of compaction induced by conventional and zero tillage in two soils of the Rolling Pampa of Argentina. *Soil and Tillage Research* **49**:57-63.
- Tiessen, H., Stewart, J.W.B. and Bettany, J.R. (1982). Cultivation effects on the amounts and concentration of carbon, nitrogen, and phosphorus in grassland soils. *Agronomy Journal* **74**:831-835.
- Unger, P.W. (2001). Total carbon, aggregation, bulk density, and penetration resistance of cropland and nearby grassland soils. Pages 77-92 in: R. Lal (ed.). Soil carbon sequestration and the greenhouse effect. SSSA Special Publication No. 57, Madison, WI.
- Vanotti, M.B., Bundy, L.G. and Peterson, A.E. (1997). Nitrogen fertilizer and legume-cereal rotation effects on soil productivity and organic matter dynamics in Wisconsin. Pages 105-119 in: E.A. Paul, E.T. Elliott, K. Paustian, and C.V. Cole. Soil organic matter in temperate agroecosystems: Long-term experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, FL.

- Varvel, G.E. (1994). Rotation and nitrogen fertilization effects on changes in soil carbon and nitrogen. *Agronomy Journal* **86**:319-325.
- Voroney, R.P., van Veen, J.A. and Paul, E.A. (1981). Organic C dynamics in grassland soils. 2. Model validation and simulation of the long-term effects of cultivation and rainfall erosion. *Canadian Journal of Soil Science* **61**:211-224.
- Wander, M.M., Bidart, M.G. and Aref, S. (1998). Tillage impacts on depth distribution of total and particulate organic matter in three Illinois soils. *Soil Science Society of America Journal* **62**:1704-1711.
- Wanniarachchi, S.D., Voroney, R.P., Vyn, T.J., Beyaert, R.P. and MacKenzie, A.F. (1999). Tillage effects on the dynamics of total and corn-residue-derived soil organic matter in two southern Ontario soils. *Canadian Journal of Soil Science* **79**: 473-480.
- Westerhof, R., Vilela, L., Azarza, M. and Zech, W. (1998). Land-use effects on labile N extracted with permanganate and the nitrogen management index in the Cerrado region of Brazil. *Biology and Fertility of Soils* **27**:353-357.
- Wu, T., Schoenau, J.J., Li, F., Qian, P., Malhi, S.S., Shi, Y. and Xu, F. (2004). Influence of cultivation and fertilization on total organic carbon and carbon fractions in soils from the Loess Plateau of China. *Soil and Tillage Research* **77**:59-68.
- Yang, X.M. and Kay, B.D. (2001). Impacts of tillage practices on total, loose- and occluded-particulate, and humified organic carbon fractions in soils within a field in southern Ontario. *Canadian Journal of Soil Science* **81**: 149-156.
- Yang, X.M. and Wander, M.M. (1999). Tillage effects on soil organic carbon distribution and storage in a silt loam soil in Illinois. *Soil and Tillage Research* **52**:1-9.
- Zeleeke, T.B., Grevers, M.C.J., Si, B.C., Mermut, A.R. and Beyene, S. (2004). Effect of residue incorporation on physical properties of the surface soil in the South Central Rift Valley of Ethiopia. *Soil and Tillage Research* **77**:35-46.
- Zhang, H., Thompson, M.L. and Sandor, J.A. (1988). Compositional differences in organic matter among cultivated and uncultivated Argiudolls and Hapludalfs derived from loess. *Soil Science Society of America Journal* **52**:216-222.

## ВЫРАЩИВАНИЕ РИСА

- Cai, Z.C., Tsuruta, H. and Minami, K. (2000). Methane emission from rice fields in China: measurements and influencing factors. *Journal of Geophysical Research* **105**(D13): 17231–17242.
- Cai, Z.C., Tsuruta, H., Gao, M., Xu, H. and Wei, C.F. (2003a). Options for mitigating methane emission from a permanently flooded rice field. *Global Change Biology* **9**: 37-45.
- Cai, Z.C., Sawamoto, T., Li, C.S., Kang, G.D., Boonjawat, J., Mosier, A. and Wassmann, R. (2003b). Field validation of the DNDC model for greenhouse gas emissions in East Asian cropping systems, *Global Biogeochemical Cycles* **17**(4): 1107 doi:10.1029/2003GB002046,2003.
- Cicerone, R.J. and Shetter, J.D. (1981). Sources of atmospheric methane: Measurements in rice paddies and a discussion. *Journal of Geophysical Research* **86**: 7203-7209.
- Conrad, R. (1989). "Control of methane production in terrestrial ecosystems". In: Exchange of Trace Gases between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere, M.O. Andreae and D.S. Schimel(eds.), 39-58.
- Denier van der Gon, H.A.C. and Neue, H.U. (1995). Influence of organic matter incorporation on the methane emission from a wetland rice field. *Global Biogeochemical Cycles* **9**: 11-22.
- Denier van der Gon, H.A.C. and Neue, H.U. (2002). Impact of gypsum application on the methane emission from a wetland rice field. *Global Biogeochemical Cycles* **8**: 127-134.
- Fitzgerald, G.J., Scow, K.M. and Hill, J.E. (2000). Fallow season straw and water management effects on methane emissions in California rice. *Global Biogeochem. Cycles*, **14**: 767-775.
- Huang, Y., Jiao, Y., Zong, L.G., Zheng, X.H., Sass, R.L. and Fisher, F.M. (2002). Quantitative dependence of methane emission on soil properties, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **64**(1-2): 157-167.
- Huang, Y., Zhang, W., Zheng, X.H., Li, J. and Yu, Y.Q. (2004). Modeling methane emission from rice paddies with various agricultural practices. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* **109** (D8): Art. No. D08113 APR 29 2004.

- IAEA (1992). Manual on measurement of methane and nitrous oxide emissions from agriculture. IAEA-TECDOC-674, pp. 91.
- IGAC (1994). Global measurements standards of methane emissions for irrigated rice cultivation. Sass, R.L. and H.-U. Neue (eds.) IGAC Core Project Office, Cambridge, Mass., USA, 10 pp.
- IPCC (International Panel on Climate Change) (1997). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Workbook (Volume 2). Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (International Panel on Climate Change) (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Cambridge University Press, Cambridge.
- IRRI (1995). World rice statistics 1993-94, International Rice Research Institute, Los Banos, pp. 260.
- Li, C.S., Mosier, A., Wassmann, R., Cai, Z.C., Zheng, X.H., Huang, Y., Tsuruta, H., Boonjawat, J. and Lantin, R. (2004). Modeling greenhouse gas emissions from rice-based production systems: Sensitivity analysis and upscaling, *Global Biogeochemical Cycles* **18**, doi: 10.1029/2003GB00204, 2004.
- Lindau, C.W., Bollich, P.K., de Laune, R.D., Mosier, A.R. and Bronson, K.F. (1993). Methane mitigation in flooded Louisiana rice fields. *Biology and Fertility of Soils* **15**: 174-178.
- Minami, K. (1995). The effect of nitrogen fertilizer use and other practices on methane emission from flooded rice. *Fertilizer Research* **40**: 71-84.
- Neue, H.U. and Sass, R. (1994). Trace gas emissions from rice fields. In: Prinn R.G. (ed.) Global Atmospheric-Biospheric Chemistry. Environmental Science Res. 48. Plenum Press, New York, pp. 119-148.
- Nouchi, I., Mariko, S. and Aoki, K. (1990). Mechanism of methane transport from the rhizosphere to the atmosphere through rice plants. *Plant Physiology* **94**: 59-66.
- Sass, R. (2002). CH<sub>4</sub> emissions from rice agriculture. In 'Background Papers, IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC-NGGIP, p. 399-417, available at <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>.
- Sass, R.L., Fisher, F.M., Harcombe, P.A. and Turner, F.T. (1991). Mitigation of methane emission from rice fields: Possible adverse effects of incorporated rice straw. *Global Biogeochemical Cycles*, **5**: 275-287.
- Sass, R.L., Fisher, F.M., Wang, Y.B., Turner, F.T. and Jund, M.F. (1992). Methane emission from rice fields: The effect of floodwater management. *Global Biogeochemical Cycles* **6**: 249-262
- Sass, R. I., Fisher, F. M., Lewis, S. T., Jund, M. F. and Turner, F. T. (1994). Methane emissions from rice fields: Effect of soil properties. *Global Biogeochemical Cycles* **2**, 135-140, 1994.
- Schütz, H., Holzapfel-Pschorn, A., Conrad, R., Rennenberg, H. and Seiler, W. (1989). A 3-year continuous record on the influence of daytime, season, and fertilizer treatment on methane emission rates from an Italian rice paddy. *Journal of Geophysical Research* **94**: 16405-16416.
- Takai, Y. (1970). The mechanism of methane fermentation in flooded paddy soil. *Soil Science and Plant Nutrition* **16**: 238-244.
- Wassmann, R., and Aulakh, M.S. (2000). The role of rice plants in regulating mechanisms of methane emissions. *Biology and Fertility of Soils* **31**: 20-29.
- Wassmann, R., Neue, H.U., Bueno, C., Lantin, R.S., Alberto, M.C.R., Buendia, L.V., Bronson, K., Papen, H. and Rennenberg, H. (1998). Methane production capacities of different rice soils derived from inherent and exogenous substrates. *Plant and Soil* **203**: 227-237.
- Wassmann, R., Buendia, L.V., Lantin, R.S., Makarim, K., Chareonsilp, N. and Rennenberg, H. (2000). Characterization of methane emissions from rice fields in Asia. II. Differences among irrigated, rainfed, and deepwater rice. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **58**: 107-119.
- Watanabe, A. and Kimura, M. (1998). Factors affecting variation in CH<sub>4</sub> emission from paddy soils grown with different rice cultivars: A pot experiment. *Journal of Geophysical Research* **103**: 18947-18952.
- Yagi, K. and Minami, K. (1990). Effect of organic matter application on methane emission from some Japanese paddy fields. *Soil Science and Plant Nutrition* **36**: 599-610.
- Yagi, K., Tsuruta, H., Kanda, K. and Minami, K. (1996). Effect of water management on methane emission from a Japanese rice paddy field: Automated methane monitoring. *Global Biogeochemical Cycles* **10**: 255-267.
- Yagi, K., Minami, K. and Ogawa, Y. (1998). Effect of water percolation on methane emission from rice paddies: a lysimeter experiment. *Plant and Soil* **198**: 193-200.

Yan, X., Yagi, K., Akiyama, H. and Akimoto, H. (2005). Statistical analysis of the major variables controlling methane emission from rice fields. *Global Change Biology* **11**, 1131-1141, doi: 10/1111/j.1365-2486.2005.00976.x.