

ГЛАВА 11

ВЫБРОСЫ N₂O ИЗ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОЧВ И ВЫБРОСЫ CO₂ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗВЕСТИ И МОЧЕВИНЫ

Авторы

Сесил де Клейн (Новая Зеландия), Рафаэл С.А. Новоа (Чили), Стефен Огле (США), Кейт А. Смит (СК), Филип Роше (Канада) и Томас С. Уирс (США)

Брайан Дж. МакКонки (Канада), Эрвин Мозье (США) и Кристин Рипдал (Норвегия)

Сотрудничающие авторы

Стефен А. Уильямс (США) и Маргарет Уолш (США)

Содержание

11	Выбросы N ₂ O из обрабатываемых почв и выбросы CO ₂ в результате применения извести и мочевины	
11.1	Введение	11.5
11.2	Выбросы N ₂ O из обрабатываемых почв.....	11.5
11.2.1	Прямые выбросы N ₂ O	11.6
11.2.1.1	Выбор метода	11.7
11.2.1.2	Выбор коэффициентов выбросов	11.11
11.2.1.3	Выбор данных о деятельности	11.13
11.2.1.4	Оценка неопределенностей.....	11.19
11.2.2	Косвенные выбросы N ₂ O	11.22
11.2.2.1	Выбор метода	11.23
11.2.2.2	Выбор коэффициентов выбросов, улетучивания и вымывания	11.26
11.2.2.3	Выбор данных о деятельности	11.26
11.2.2.4	Оценка неопределенностей.....	11.28
11.2.3	Полнота, временные ряды, ОК/КК и подготовка отчетности	11.29
11.3	Выбросы CO ₂ в результате известкования.....	11.31
11.3.1	Выбор метода.....	11.31
11.3.2	Выбор коэффициентов выбросов.....	11.34
11.3.3	Выбор данных о деятельности	11.34
11.3.4	Оценка неопределенностей	11.35
11.3.5	Полнота, временные ряды, ОК/КК	11.35
11.4	Выбросы CO ₂ в результате удобрения мочевиной.....	11.37
11.4.1	Выбор метода.....	11.38
11.4.2	Выбор коэффициента выбросов.....	11.40
11.4.3	Выбор данных о деятельности	11.40
11.4.4	Оценка неопределенностей	11.40
11.4.5	Полнота, согласованность временного ряда, ОК/КК	11.41
Приложение 11А.1	Ссылки для данных о растительных остатках в таблице 11.2	11.44
Ссылки		11.60

Уравнения

Уравнение 11.1	Прямые выбросы N_2O из обрабатываемых почв (уровень 1)	11.7
Уравнение 11.2	Прямые выбросы N_2O из обрабатываемых почв (уровень 2)	11.11
Уравнение 11.3	Количество азота, вносимое в почвы с органическими азотными удобрениями (уровень 1).....	11.14
Уравнение 11.4	Количество азота, вносимое в почвы с навозом (уровень 1)	11.14
Уравнение 11.5	Количество азота, оставляемое на пастбище, выпасе и в загоне жвачными животными с мочой и пометом (уровень 1)	11.15
Уравнение 11.6	Количество азота, возвращаемое в почвы с растительными остатками и в результате обновления кормовых культур / пастбищ (уровень 1)	11.16
Уравнение 11.7	Перевод данных урожайности к сухой массе.....	11.16
Уравнение 11.7A	Альтернативный подход к оценке F_{CR} (используя таблицу 11.2).....	11.17
Уравнение 11.8	Количество азота, минерализуемого в минеральных почвах в результате потерь почвенного углерода при изменении в землепользовании или управлении (уровни 1 и 2).....	11.18
Уравнение 11.9	Выбросы N_2O в результате осаждения из атмосферы азота, улетучившегося из обрабатываемых почв (уровень 1)	11.24
Уравнение 11.10	Выбросы N_2O в результате вымывания и стока азота из обрабатываемых почв в регионах, где происходит вымывание и сток (уровень 1).....	11.24
Уравнение 11.11	Выбросы N_2O в результате осаждения из атмосферы азота, улетучившегося из обрабатываемых почв (уровень 2).....	11.25
Уравнение 11.12	Годовые выбросы CO_2 в результате применения извести.....	11.32
Уравнение 11.13	Годовые выбросы CO_2 в результате внесения мочевины в почву.....	11.38

Рисунки

Рисунок 11.1	Схематическое представление источников и путей азота, которые приводят к прямым и косвенным выбросам N_2O из почв и вод.....	11.9
Рисунок 11.2	Схема принятия решений для прямых выбросов N_2O из обрабатываемых почв	11.10
Рисунок 11.3	Схема принятия решений для косвенных выбросов N_2O из обрабатываемых почв	11.23
Рисунок 11.4	Схема принятия решений для определения подходящего уровня оценки выбросов CO_2 в результате известкования	11.33
Рисунок 11.5	Схема принятия решений для определения подходящего уровня оценки выбросов CO_2 в результате удобрения мочевиной	11.39

Таблицы

Таблица 11.1	Коэффициенты выбросов по умолчанию для оценки прямых выбросов N_2O из обрабатываемых почв	11.12
Таблица 11.2	Коэффициенты по умолчанию для оценки добавляемого к почвам азота от растительных остатков а	11.20
Таблица 11.3	Коэффициенты выбросов, улетучивания и вымывания по умолчанию для косвенных выбросов N_2O из почв.....	11.28

11 ВЫБРОСЫ N₂O ИЗ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОЧВ И ВЫБРОСЫ CO₂ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИЗВЕСТИ И МОЧЕВИНЫ

11.1 ВВЕДЕНИЕ

В главе 11 представлено описание общих методологий, которые необходимо принять для инвентаризации выбросов закиси азота (N₂O) из обрабатываемых почв, включая косвенные выбросы N₂O от добавления азота к землям вследствие осаждения и вымывания, а также выбросов диоксида углерода (CO₂), происходящих в результате добавления известковых материалов и удобрений, содержащих мочевину.

Обрабатываемые почвы¹ – это все типы почв на землях, включая лесные площади, которые управляются. Для N₂O базовый трехуровневый подход соответствует использованному в Руководящих указаниях МГЭИК по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства (РУЭП-ЗИЗЛХ), для пастбищ и возделываемых земель и в Руководящих указаниях МГЭИК по эффективной практике и учету факторов неопределенности в национальных кадастрах парниковых газов (РУЭП2000) для сельскохозяйственных почв, тогда как соответствующие части методологии РУЭП-ЗИЗЛХ были использованы для лесных земель. Так как методы основываются на резервуарах и потоках, которые могут иметь место во всех категориях землепользования, и так как в большинстве случаев имеются лишь национальные обобщенные (т.е. не конкретизированные по землепользованиям) данные, то здесь приводится общая информация по методологиям, применимая на национальном уровне, включая:

- общие основы для применения методов и соответствующих уравнений в расчетах;
- объяснение процессов, управляющих выбросами N₂O из обрабатываемых почв (прямых и косвенных) и выбросами CO₂ в результате известкования и удобрения мочевиной и связанных с этим неопределенностей; и
- выбор методов, коэффициентов выбросов (включая значения по умолчанию) и данных о деятельности, а также коэффициентов улетучивания и вымывания.
- Представленные уравнения могут быть применены для конкретных категорий землепользования при наличии соответствующих данных о деятельности.

Изменения в *Руководящих принципах МГЭИК 2006 г.* относительно *Руководящих принципов МГЭИК 1996 г.* включают следующее:

- предоставление рекомендаций по оценке выбросов CO₂, связанных с использованием мочевины в качестве удобрения;
- полный секторальный охват косвенных выбросов N₂O;
- подробный обзор литературы, приводящий к скорректированным коэффициентам выбросов для закиси азота из сельскохозяйственных почв; и
- исключение биологической фиксации азота в качестве прямого источника N₂O вследствие отсутствия доказательства значительных выбросов, происходящих в процессе фиксации.

11.2 ВЫБРОСЫ N₂O ИЗ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОЧВ

В данном разделе представлены методы и уравнения для оценки суммарных национальных антропогенных выбросов N₂O (прямых и косвенных) из обрабатываемых почв. Представленные здесь общие уравнения могут также использоваться для оценки N₂O в пределах конкретных категорий землепользования или при переменных для конкретных условий (например, добавления азота к рису-падди), если страна может детализировать данные о деятельности до этого уровня (т.е. деятельность по использованию азота в пределах конкретного землепользования).

¹ Управляемые земли определяются в разделе 1.1 главы 1.

Закись азота вырабатывается естественным образом в почвах через процессы нитрификации и денитрификации. Нитрификация – это аэробное микробное окисление аммония до нитрата, а денитрификация – это анаэробное микробное восстановление нитрата до газообразного азота (N_2). Закись азота – это газообразный промежуточный продукт в последовательности реакций денитрификации и побочный продукт нитрификации, который выделяется микробными клетками в почву и поступает, в конечном счете, в атмосферу. Одним из основных регулирующих факторов в этой реакции является наличие неорганического азота в почве. Таким образом, эта методология позволяет оценить выбросы N_2O , используя данные антропогенных результирующих добавок азота в почвы (например, искусственные или органические удобрения, оставленный животными навоз, растительные остатки, осадок сточных вод) или минерализации азота в почвенном органическом веществе в результате осушения/обработки органических почв или культивирования/ изменения землепользования на минеральных почвах (например, лесные площади / пастбища / поселения, переустроенные в возделываемые земли).

Выбросы N_2O в результате антропогенных поступлений азота или минерализации азота происходят как прямым путем (т.е. непосредственно от почв, к которым добавляется/поступает азот), так и по двум косвенным путям: i) вслед за улетучиванием NH_3 и NO_x из обрабатываемых почв и от сжигания ископаемого топлива и биомассы и последующим повторным депонированием этих газов и их продуктов NH_4^+ и NO_3^- в почвах и водах; и ii) после вымывания и стока азота, в основном в виде NO_3^- , из обрабатываемых почв. Эти основные пути показаны на рисунке 11.1.

Прямые выбросы N_2O из обрабатываемых почв оцениваются отдельно от косвенных выбросов, несмотря на использование общего набора данных о деятельности. Методологии уровня 1 не учитывают различные земные покровы, типы почв, климатические условия и практики управления (помимо вышеуказанного). Эти методологии не учитывают также какой-либо задержки для прямых выбросов из азота растительных остатков и относят эти выбросы к году, в котором эти остатки возвращаются в почву. Эти факторы не рассматриваются для прямых (или косвенных, по обстоятельствам) выбросов, вследствие ограниченного наличия данных для получения соответствующих коэффициентов выбросов. Если данные показывают, что коэффициенты по умолчанию не подходят для какой-либо страны, то эти страны должны использовать уравнения уровня 2 или подходы уровня 3 и включить полное объяснение по использованным значениям.

11.2.1 Прямые выбросы N_2O

Для большинства почв увеличение доступного азота повышает темпы нитрификации и денитрификации, что приводит затем к увеличению производства N_2O . Увеличение доступного количества азота может происходить через антропогенное добавление азота или изменения землепользования и/или практики управления, что приводит к минерализации почвенного органического азота.

В методологию для оценки прямых выбросов N_2O из обрабатываемых почв включены следующие источники азота:

- искусственные азотные удобрения (F_{SN});
- органический азот, внесенный в качестве удобрения (например, навоз, компост, осадок сточных вод, отходы переработки непищевого животного сырья) (F_{ON});
- азот мочи и помета, оставленный на пастбище, выпасе и загоне жвачными животными (F_{PRP});
- азот растительных остатков (надземных и подземных), в том числе от азотфиксирующих культур² и от кормовых культур в процессе обновления/восстановления пастбища³ (F_{CR});

² Биологическая фиксация азота не считается прямым источником N_2O вследствие отсутствия доказательства значительных выбросов, происходящих в результате самой фиксации (Rochette and Janzen, 2005). Эти авторы пришли к выводу о том, что индуцированные ростом бобовых/кормовых культур выбросы N_2O можно оценивать как функцию надземных и подземных поступлений азота от пожнивных остатков и остатков кормовых культур (азот в остатках кормовых культур учитывается только в процессе обновления пастбищ). И наоборот, высвобождение азота при минерализации почвенного органического вещества в результате изменения землепользования или управления учитывается теперь как дополнительный источник. Указанное является существенной корректировкой методологии, описанной ранее в *Руководящих принципах МГЭИК, 1996 г.*

³ Азот в остатках многолетних кормовых культур учитывается только в течение периодического обновления пастбищ, т.е. не обязательно каждый год, как в случае с однолетними культурами.

- минерализация азота, связанная с потерей почвенного органического вещества в результате изменения землепользования или управления минеральными почвами (F_{SOM}); и
- осушение/обработка органических почв (т.е. гистосолей)⁴ (F_{OS}).

11.2.1.1 ВЫБОР МЕТОДА

Схема принятия решений на рисунке 11.2 содержит указания по выбору подходящего уровневое метода.

Уровень 1

В самом простом виде прямые выбросы N₂O из обрабатываемых почв оцениваются с помощью уравнения 11.1 следующим образом:

УРАВНЕНИЕ 11.1

ПРЯМЫЕ ВЫБРОСЫ N₂O ИЗ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОЧВ (УРОВЕНЬ 1)

$$N_2O_{\text{Прям.}-N} = N_2O-N_{N \text{ поступл.}} + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PRP}$$

где:

$$N_2O-N_{N \text{ поступл.}} = \left[\left[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot EF_1 \right] + \left[(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \cdot EF_{1FR} \right] \right]$$

$$N_2O-N_{OS} = \left[\left(F_{OS,CG,Temp} \cdot EF_{2CG,Temp} \right) + \left(F_{OS,CG,Trop} \cdot EF_{2CG,Trop} \right) + \left(F_{OS,F,Temp,NR} \cdot EF_{2F,Temp,NR} \right) + \left(F_{OS,F,Temp,NP} \cdot EF_{2F,Temp,NP} \right) + \left(F_{OS,F,Trop} \cdot EF_{2F,Trop} \right) \right]$$

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

где:

$N_2O_{\text{Прям.}-N}$ = годовые прямые выбросы N₂O–N из обрабатываемых почв, кг N₂O–N /год;

$N_2O-N_{N \text{ поступл.}}$ = годовые прямые выбросы N₂O–N в результате поступлений азота в обрабатываемые почвы, кг N₂O–N /год;

N_2O-N_{OS} = годовые прямые выбросы N₂O–N из обрабатываемых органических почв, кг N₂O–N /год;

N_2O-N_{PRP} = годовые прямые выбросы N₂O–N в результате поступлений мочи и помета в почвы, на которых производится выпас, кг N₂O–N /год;

F_{SN} = годовое количество азота искусственных удобрений, внесенного в почвы, кг N /год,

F_{ON} = годовое количество навоза, компоста, осадков сточных вод и других органических азотсодержащих добавок, внесенных в почвы (примечание: при включении осадков сточных вод необходимо провести перекрестную сверку с сектором отходов, чтобы избежать двойного учета выбросов N₂O), кг N /год;

F_{CR} = годовое количество азота в растительных остатках (надземных и подземных), в том числе от азотфиксирующих культур и от обновления/восстановления кормовых культур / пастбищ, возвращаемое в почвы, кг N /год;

⁴ Почвы являются органическими (органогенными), если удовлетворяют приведенным ниже требованиям 1 и 2 или 1 и 3 (FAO, 1998): 1. Толщина 10 см и более. Почвенный горизонт толщиной менее 20 см должен содержать 12% или более органического углерода при перемешивании до глубины 20 см; 2. Если почва никогда не насыщается водой в течение срока более нескольких дней и содержит более 20% (по массе) органического углерода (около 35% органического вещества); 3. Если почва эпизодически насыщается водой и содержит: i) по крайней мере, 12% (по массе) органического углерода (около 20% органического вещества), если она не содержит глины; или ii) по крайней мере, 18% (по массе) органического углерода (около 30% органического вещества), если она имеет 60% или более глины; или iii) промежуточное, пропорциональное количество органического углерода для промежуточных количеств глины (FAO, 1998).

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

F_{OS} = годовая площадь обрабатываемых/осушенных органических почв, га (примечание: подстрочные индексы CG, F, Temp, Trop, NR и NP относятся соответственно к возделываемым землям и пастбищам, лесным площадям, умеренным зонам, тропическим зонам, богатым питательными веществами и бедным питательными веществами условиям);

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

EF_1 = коэффициент выбросов для выбросов N_2O от поступлений азота, кг N_2O-N / кг поступающего N (таблица 11.1);

EF_{IFR} = коэффициент выбросов для выбросов N_2O от поступлений азота к орошаемому рису, кг N_2O-N / кг поступающего N (таблица 11.1);⁵

EF_2 = коэффициент выбросов для выбросов N_2O от осушенных/обрабатываемых органических почв, кг N_2O-N / га x год (таблица 11.1) (примечание: подстрочные индексы CG, F, Temp, Trop, NR и NP относятся соответственно к возделываемым землям и пастбищам, лесным площадям, умеренным зонам, тропическим зонам, богатым питательными веществами, и бедным питательными веществами условиям);

EF_{3PRP} = коэффициент выбросов для выбросов N_2O от азота мочи и помета, оставленного на пастбище, выпасе и в загоне жвачными животными, кг N_2O-N / кг поступающего N (таблица 11.1) (примечание: нижние индексы CPP и SO относятся соответственно к крупному рогатому скоту, домашней птице и свиньям (CPP), к овцам и прочим животным (SO));

⁵ При известном общем годовом количестве азота, внесенного под орошаемый рис, это поступление азота может быть умножено на сниженный применимый к данной культуре коэффициент выбросов по умолчанию, EF_{IFR} (таблица 11.1) (Akiyama *et al.*, 2005) или на коэффициент выбросов по конкретной стране, если он известен. Несмотря на некоторые свидетельства того, что периодические затопления (как описано в главе 5.5) могут увеличивать выбросы N_2O , текущие научные данные показывают, что EF_{IFR} применим также к ситуациям с периодическим затоплением.

Рисунок 11.1 Схематическое представление источников и путей азота, которые приводят к прямым и косвенным выбросам N₂O из почв и вод

Примечание: Источники внесенного в почвы или оставленного на почвах азота представлены стрелками с левой стороны схемы. Пути выбросов также показаны стрелками, включая различные пути улетучивания NH₃ и NO_x от сельскохозяйственных и несельскохозяйственных источников; депонирование этих газов и их продуктов NH₄⁺ и NO₃⁻ и последующие косвенные выбросы N₂O также показаны. «Внесенные органические азотные удобрения» включают навоз, все виды компоста, осадки сточных вод, тенкедж и т.д. «Остатки растений» включают надземные и подземные остатки всех сельскохозяйственных культур (неазотфиксирующих и азотфиксирующих), остатки при обновлении/восстановлении многолетних кормовых культур и пастбищ. В нижней правой части схемы показан вид в разрезе для типичной управляемой земли; в данном случае представлена обработка гистосолей.

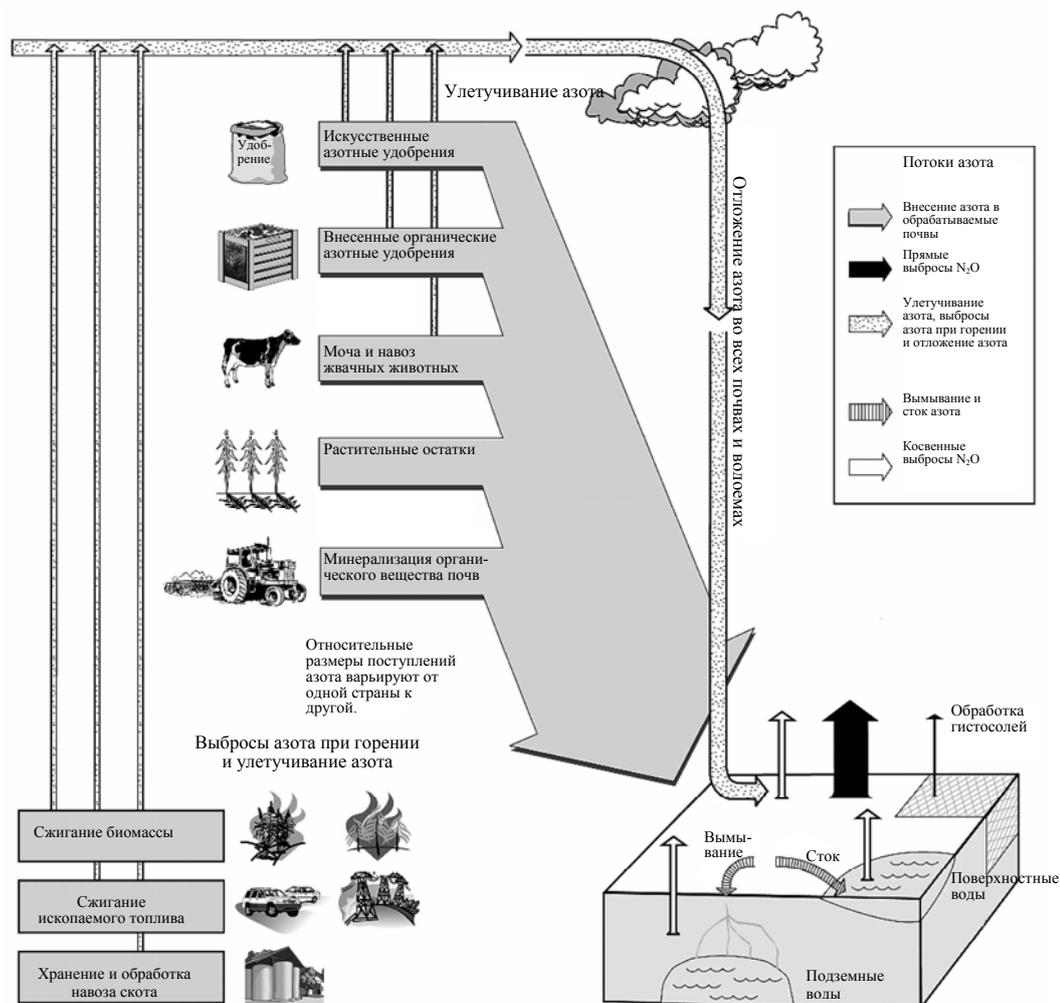
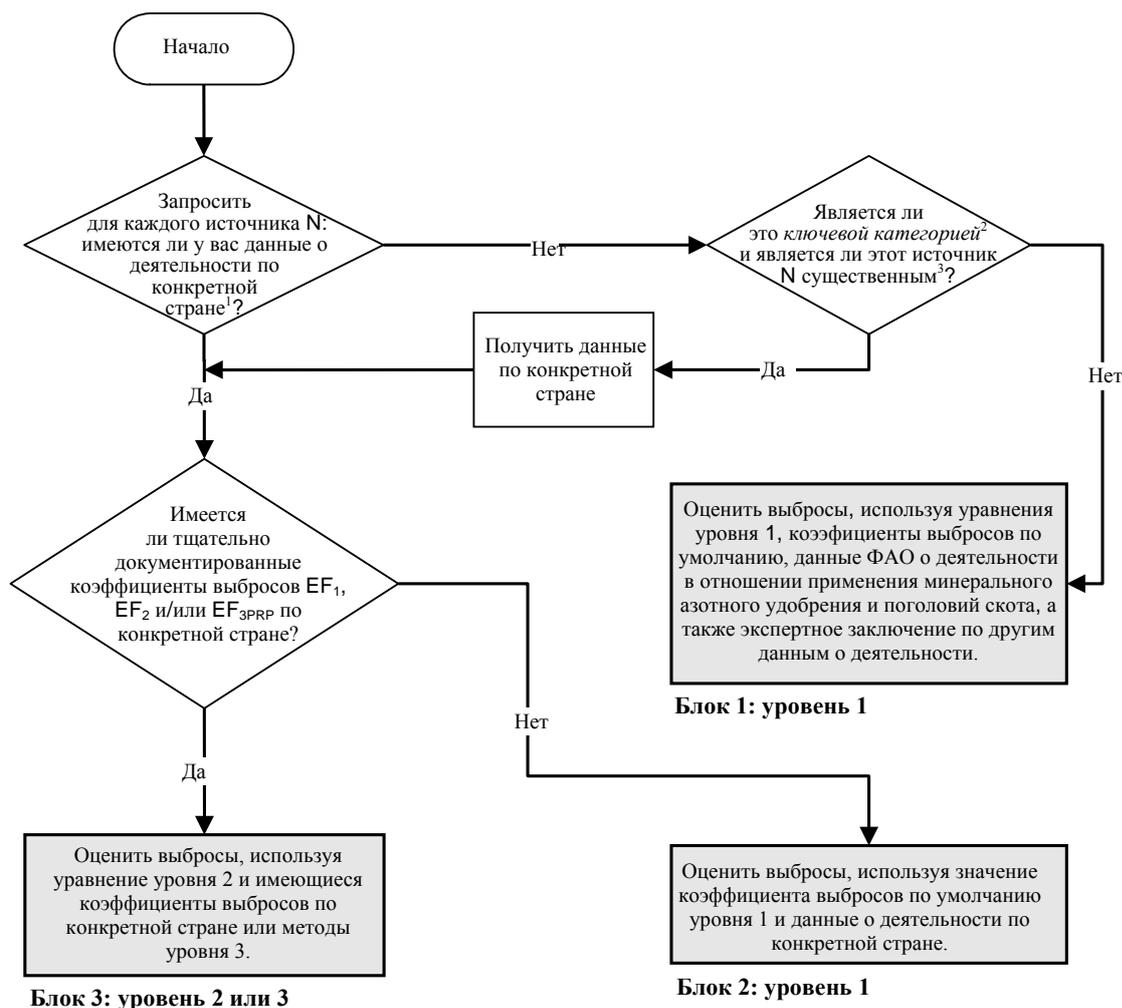


Рисунок 11.2 Схема принятия решений для прямых выбросов N₂O из обрабатываемых почв**Примечание:**

1: Источники азота включают: искусственное азотное удобрение; органические азотные добавки; мочу и помет, оставленные животными при выпасе; растительные/фуражные остатки; минерализацию содержащегося в почвенном органическом веществе азота, которая сопровождается потерями углерода из почв в результате изменения в землепользовании или управлении и осушение/обработку органических почв. В этот расчет могут быть включены другие органические азотные добавки (например, компост, осадок сточных вод и отходы переработки непищевого животного сырья), если имеется достаточная информация. Количество вносимых отходов измеряется в единицах азота и добавляется в качестве дополнительного источника-подчлена в слагаемое F_{ON} , которое умножается на EF_1 (уравнение 11.1).

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

3: Согласно эмпирическому правилу, подкатегория будет иметь существенное значение, если на ее долю приходится 25-30 % выбросов из данной категории источников.

Преобразование выбросов N₂O-N в выбросы N₂O для целей отчетности производится при помощи следующего уравнения:

$$N_2O = N_2O-N \bullet 44/28$$

Уровень 2

Если имеются более подробные коэффициенты выбросов и соответствующие данные о деятельности для страны, чем представлено в уравнении 11.1, то может быть проведено дальнейшее разукрупнение слагаемых этого уравнения. Например, если имеются коэффициенты выбросов и данные о деятельности для применения искусственных удобрений и органического азота (F_{SN} и F_{ON}) при различных условиях i , уравнение 11.1 будет расширено следующим образом⁶:

УРАВНЕНИЕ 11.2
ПРЯМЫЕ ВЫБРОСЫ N₂O ИЗ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОЧВ (УРОВЕНЬ 2)

$$N_2O_{Прям.-N} = \sum_i (F_{SN} + F_{ON})_i \bullet EF_{1i} + (F_{CR} + F_{SOM}) \bullet EF_1 + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PRP}$$

где:

EF_{1i} = коэффициенты выбросов, разработанные для выбросов N₂O в результате внесения искусственных удобрений и органического азота при условиях i , кг N₂O-N / кг поступающего N; $i = 1, \dots, n$.

Уравнение 11.2 может быть модифицировано различным образом для включения коэффициентов выбросов по любым комбинациям конкретных источников азота, типов культуры, управления, землепользования, климата, почвы и других конкретных условий, которые страна может получить для каждой отдельной переменной поступления азота (F_{SN} , F_{ON} , F_{CR} , F_{SOM} , F_{OS} , F_{PRP}).

Преобразование выбросов N₂O-N в выбросы N₂O для целей отчетности производится при помощи следующего уравнения:

$$N_2O = N_2O-N \bullet 44/28$$

Уровень 3

Методы уровня 3 представляются подходами, основанными на моделировании или измерениях. Модели полезны, так как в соответствующей форме они могут устанавливать связь ответственных за выбросы N₂O переменных почвы и окружающей среды с масштабами этих выбросов. Эти связи могут быть затем использованы для прогнозирования выбросов для всей страны или регионов, для которых проведение экспериментальных измерений практически невозможно. Модели должны использоваться только после проверки правильности с помощью репрезентативных экспериментальных измерений. Необходимо обеспечить, чтобы оценки выбросов, полученные с помощью использования моделей или измерений, учитывали бы все антропогенные выбросы N₂O.⁷ В разделе 2.5 (глава 2) приводятся указания, которые подводят прочную научную основу под разработку основанной на моделях системы учета уровня 3.

11.2.1.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ

Уровни 1 и 2

Для оценки прямых выбросов N₂O из обрабатываемых почв требуются три коэффициента выбросов (EF). Представленные здесь значения по умолчанию могут быть использованы в уравнении уровня 1 или в уравнении уровня 2 в сочетании с коэффициентами выбросов по конкретной стране. Первый коэффициент (EF1) относится к количеству N₂O, выбрасываемого в результате внесения азота в почвы с

⁶ Важно отметить, что уравнение 11.2 является всего лишь одним из многих возможных модификаций уравнения 11.1 при использовании метода уровня 2. Окончательная форма уравнения 11.2 зависит от наличия коэффициентов выбросов для конкретных условий и от уровня, до которого страна способна разукрупнить свои данные о деятельности.

⁷ Естественные выбросы N₂O на управляемых землях предполагаются равными выбросам на неуправляемых землях. Эти выбросы очень небольшие. Поэтому почти все выбросы на управляемых землях считаются антропогенными. Оценки с использованием методологии МГЭИК имеют такую же величину, что и суммарные измеренные выбросы от управляемых земель. Так называемые «фоновые» выбросы, которые оценил Bouwman (1996) (примерно 1 кг N₂O-N / га х год при нулевом добавлении азота с удобрениями), не являются «естественными» выбросами и в основном связаны с внесением азота от растительных остатков. Эти выбросы являются антропогенными и учитываются в методологии МГЭИК.

различными искусственными и органическими удобрениями, включая растительный остаток и минерализацию органического углерода минеральных почв в связи с изменением землепользования или управления. Второй коэффициент (EF_2) относится к количеству N_2O , выбрасываемого от площади осушенных/обработанных органических почв, а третий коэффициент (EF_{3PRP}) оценивает количество N_2O , выбрасываемого от азота мочи и помета, оставленных на пастбище, выпасе и в загоне жвачными животными. Коэффициенты выбросов по умолчанию для метода уровня 1 сведены в таблицу 11.1.

В свете новых доказательств значение по умолчанию для EF_1 установлено на уровне 1% от азота, внесенного в почвы или высвобожденного в результате деятельности, которая приводит к минерализации органического вещества в минеральных почвах⁸. Во многих случаях этот коэффициент выбросов может быть разбит на основании 1) факторов окружающей среды (климат, содержание органического углерода в почве, текстура почвы, осушение и pH почвы); и 2) факторов, связанных с управлением (температура поступления азота по каждому типу удобрения, тип культуры с различиями между бобовыми, небобовыми возделываемыми культурами и травами) (Bouwman *et al.*, 2002; Stehfest and Bouwman, 2006). Страны, которые способны разукрупнить свои данные о деятельности на основании всех или части этих факторов, могут выбрать вариант использования разукрупненных коэффициентов выбросов с подходом уровня 2.

ТАБЛИЦА 11.1 КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРЯМЫХ ВЫБРОСОВ N_2O ИЗ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОЧВ		
Коэффициент выбросов	Значение по умолчанию	Диапазон неопределенности
EF_1 для добавлений азота от минеральных удобрений, органических удобрений и растительных остатков и для минерализованного азота из минеральных почв в результате потери почвенного углерода, кг N_2O-N / кг N	0,01	0,003 - 0,03
EF_{1FR} для затопляемых рисовых полей, кг N_2O-N / кг N	0,003	0,000 - 0,006
$EF_{2CG, Temp}$ для органических почв возделываемых земель и пастбищ умеренной зоны, кг N_2O-N / га	8	2 - 24
$EF_{2CG, Троп}$ для органических почв возделываемых земель и пастбищ тропической зоны, кг N_2O-N / га	16	5 - 48
$EF_{2F, Temp, Org, R}$ для органических богатых питательными веществами лесных почв умеренной и бореальной зон, кг N_2O-N / га	0,6	0,16 - 2,4
$EF_{2F, Temp, Org, P}$ для органических бедных питательными веществами лесных почв умеренной и бореальной зон, кг N_2O-N / га	0,1	0,02 - 0,3
$EF_{2F, Троп}$ для органических лесных почв тропической зоны, кг N_2O-N / га	8	0 - 24
$EF_{3PRP, CPP}$ для крупного рогатого скота (молочного и немолочного и буйволов), домашней птицы и свиней, кг N_2O-N / кг N	0,02	0,007 - 0,06
$EF_{3PRP, SO}$ для овец и «прочих животных», кг N_2O-N / кг N	0,01	0,003 - 0,03
Источники: EF_1 : Bouwman <i>et al.</i> 2002a,b; Stehfest & Bouwman, 2006; Novoa & Tejada, 2006 in press; EF_{1FR} : Akiyama <i>et al.</i> , 2005; $EF_{2CG, Temp}$, $EF_{2CG, Троп}$, $EF_{2F, Троп}$: Klemetsson <i>et al.</i> , 1999; IPCC Good Practice Guidance, 2000; $EF_{2F, Temp}$: Alm <i>et al.</i> , 1999; Laine <i>et al.</i> , 1996; Martikainen <i>et al.</i> , 1995; Minkinen <i>et al.</i> , 2002; Regina <i>et al.</i> , 1996; Klemetsson <i>et al.</i> , 2002; $EF_{3, CPP}$, $EF_{3, SO}$: de Klein, 2004.		

⁸ В результате нового анализа имевшихся экспериментальных данных значение EF_1 изменено с 1,25% на 1%, по сравнению с *Руководящими принципами МГЭИК, 1996 г.* (Bouwman *et al.*, 2002a,b; Stehfest and Bouwman, 2006; Novoa and Tejada, 2006 в печати). В этом анализе было использовано гораздо большее число измерений, чем имелось при проведении предыдущего исследования, по результатам которого было получено ранее использовавшееся для EF_1 значение (Bouwman, 1996). Рассчитанное в этом анализе среднее значение для индуцированных удобрениями и навозом выбросов близко к 0,9%, однако, учитывая неопределенности, связанные с этим значением и включением в расчеты по кадастру других вкладов в количество внесенного азота (например, от растительных остатков и минерализации почвенного органического вещества), применяется равное 1% округленное значение.

Значение по умолчанию для EF₂ составляет 8 кг N₂O–N / га x год для умеренного климата. Так как предполагается, что темпы минерализации в тропическом климате почти в 2 раза выше, чем в умеренном климате, то коэффициент выбросов EF₂ для тропического климата равен 16 кг N₂O–N / га x год⁹. Определения по климату приводятся в приложении 3А.5 главы 3.

Значение по умолчанию для EF_{3PRP} составляет 2% от азота, оставленного всеми видами животных, кроме «овец» и «прочих» животных. Для указанных последних видов может использоваться значение коэффициента выбросов по умолчанию, равное 1% от оставленного азота¹⁰.

11.2.1.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Уровни 1 и 2

В данном разделе описаны общие методы для оценки количества различных поступлений азота в почвы (F_{SN}, F_{ON}, F_{PRP}, F_{CR}, F_{SOM}, F_{OS}), которые необходимы для методологий уровней 1 и 2 (уравнения 11.1 и 11.2).

Внесенные искусственные удобрения (F_{SN});

Слагаемое F_{SN} обозначает годовое количество искусственного азотного удобрения, вносимого в почвы.¹¹ Оно оценивается на основании данных суммарного количества потребляемых ежегодно искусственных удобрений. Данные о годовом потреблении удобрений могут быть получены из официальных национальных статистических данных, которые часто отмечаются как продажи удобрений и/или как производство внутри страны и импорт. В случае отсутствия данных по конкретной стране могут быть использованы данные Международной ассоциации предприятий по производству удобрений (ИФИА) (<http://www.fertilizer.org/ifa/statistics.asp>) об общем использовании удобрений с разбивкой по типам и культурам или данные Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) (<http://faostat.fao.org/>) о потреблении искусственных удобрений. Полезным может оказаться сравнение национальных статистических данных с международными базами данных, такими как базы данных ИФИА и ФАО. При наличии достаточной информации можно будет разбить данные об удобрениях по типу удобрения, виду культуры и климатическому режиму для основных культур. Эти данные могут быть полезными при подготовке пересмотренных оценок выбросов, если в будущем будут

⁹ Значения EF₂, как для умеренного, так и для тропического климата в *РУЭП2000* были изменены по сравнению с *Руководящими принципами МГЭИК, 1996 г.*

¹⁰ Добавление коэффициента выбросов по умолчанию для овец является новшеством по сравнению с *Руководящими принципами МГЭИК, 1996 г.* Значение коэффициента выбросов по умолчанию для EF_{3PRP} было разукрупнено для различных видов животных на основе недавнего обзора по выбросам N₂O от оставленной мочи и помета (de Klein, 2004). В этом обзоре указано, что коэффициент выбросов для овец ниже, чем для крупного рогатого скота, и что для расчетов подходит значение на уровне 1% от оставленного азота. Принятие более низкого значения EF_{3PRP} для овец связано с такими причинами, как более равномерное распределение мочи (более частые мочеиспускания меньшими порциями) и меньшее влияние на уплотнение почвы при выпасе. В отношении коэффициентов выбросов N₂O для других видов животных имеется очень ограниченное количество данных, и коэффициент выбросов для домашней птицы и свиней остается равным 2% от оставленного азота. То же значение на уровне 1% от депонированного азота может использоваться для животных, классифицированных как «прочие животные», в том числе коз, лошадей, мулов, ослов, верблюдов, северных оленей и верблюдовых, так как по темпам выделения и картине распределения азота они, по-видимому, ближе к овцам, чем к скоту. В данном обзоре далее предлагается разукрупнение коэффициента EF_{3PRP} для азота мочи и азота помета. Тем не менее, это трудно реализовать, так как маловероятно, чтобы страны располагали требуемой информацией для оценки темпов выделения мочи и помета. Однако, данный подход может рассматриваться странами, использующими методологии более высокого уровня. Наконец, в этом обзоре показано, что текущая информация недостаточна для разукрупнения EF_{3PRP} на основании климатического региона, типа почвы или класса осушения и/или интенсивности выпаса.

¹¹ Для подхода уровня 1 количества вносимых минеральных азотных удобрений (F_{SN}) и вносимых органических азотных удобрений (F_{ON}) не корректируются с учетом количеств NH₃ и NO_x, улетучивающихся после внесения удобрений в почву. Данная методология отличается в этом отношении от методологии, описанной в *Руководящих принципах МГЭИК, 1996 г.* Причина этого изменения в том, что полевые исследования, посредством которых определялись коэффициенты выбросов N₂O для внесенного азота, не были скорректированы для учета улетучивания при проведении оценок. Другими словами эти коэффициенты выбросов определялись на основании: индуцированных удобрениями выбросы N₂O–N / суммарное количество внесенного N, а не из соотношения: индуцированные удобрениями выбросы N₂O–N / суммарное количество внесенного N – улетучивание NH₃ и NO_x. В результате корректировка количества поступления азота с учетом улетучивания перед умножением на коэффициент выбросов фактически приведет к недооценке суммарных выбросов N₂O. Страны, использующие подходы уровней 2 или 3, должны сознавать, что в зависимости от коэффициента выбросов и/или используемой методологии кадастра может потребоваться корректировка на улетучивание NH₃/NO_x после внесения минерального или органического азота в почву

усовершенствованы методы составления кадастров. Следует отметить, большая часть источников данных (включая ФАО) может располагать данными только о сельскохозяйственных использованиях азота, хотя он может применяться и на лесных площадях, и в поселениях и на прочих землях. Этот неучтенный азот, по-видимому, представляет лишь небольшую часть общих выбросов. Тем не менее, странам рекомендуется, по возможности, находить эту дополнительную информацию.

Внесенные органические азотные удобрения (F_{ON})

Слагаемое «внесенное органическое азотное удобрение» (F_{ON}) обозначает количество вносимого в почвы органического азота, кроме оставляемого жвачными животными, и рассчитывается с помощью уравнения 11.3. Сюда входит вносимые в почву навоз, осадок сточных вод, компост, а также другие органические удобрения, имеющие региональное значение для сельского хозяйства (например, отходы переработки непищевого животного сырья, гуано, отходы пивоварения и т.д.). Органическое азотное удобрение (F_{ON}) рассчитывается с использованием уравнения 11.3:

УРАВНЕНИЕ 11.3
КОЛИЧЕСТВО АЗОТА, ВНОСИМОЕ В ПОЧВЫ С ОРГАНИЧЕСКИМИ АЗОТНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ
(УРОВЕНЬ 1)

$$F_{ON} = F_{AM} + F_{SEW} + F_{COMP} + F_{OOA}$$

где:

F_{ON} = суммарное годовое количество внесенного в почвы органического азотного удобрения, кроме оставляемого жвачными животными, кг N/год;

F_{AM} = годовое количество азота в навозе, внесенном в почвы, кг N/год;

F_{SEW} = годовое суммарное количество азота сточных вод (согласовать с сектором отходов во избежание двойного учета), которое вносится в почвы, кг N /год;

F_{COMP} = годовое суммарное количество азота в компосте, который вносится в почвы (обеспечить, чтобы не было двойного учета азота в навозе, используемом для приготовления компоста), кг N /год;

F_{OOA} = годовое количество других органических улучшающих добавок, использованных в качестве удобрения (например, отходы переработки непищевого животного сырья, гуано, отходы пивоварения и т.д.), кг N/год;

Слагаемое F_{AM} определяется путем корректировки имеющегося количества азота в навозе (N_{MMS_Avb} ; см. уравнение 10.34 в главе 10) с учетом количества обработанного навоза, используемого для кормления ($F_{гасКОРМ}$), сжигания в качестве топлива ($F_{гасТОПЛ}$) или строительства ($F_{гасСТРОИТ}$), как показано в уравнении 11.4. Данные для $F_{гасТОПЛ}$, $F_{гасКОРМ}$, $F_{гасСТРОИТ}$ могут быть получены из официальной статистики или опроса экспертов. Тем не менее, если эти данные отсутствуют, то следует использовать N_{MMS_Avb} в качестве F_{AM} без корректировки для учета $F_{гасТОПЛ}$, $F_{гасКОРМ}$, $F_{гасСТРОИТ}$.

УРАВНЕНИЕ 11.4
КОЛИЧЕСТВО АЗОТА, ВНОСИМОЕ В ПОЧВЫ С НАВОЗОМ (УРОВЕНЬ 1)

$$F_{AM} = N_{MMS_Avb} \cdot \left[1 - \left(Frac_{КОРМ} + Frac_{ТОПЛ} + Frac_{СТРОИТ} \right) \right]$$

где:

F_{AM} = годовое количество азота в навозе, внесенном в почвы, кг N/год;

N_{MMS_Avb} = количество азота в обработанном навозе, который вносится в почву, используется для кормления, в качестве топлива или в строительстве, кг N /год (см. уравнение 10.34 в главе 10);

$F_{гасКОРМ}$ = часть обработанного навоза, используемая для кормления;

$F_{гасТОПЛ}$ = часть обработанного навоза, используемая как топливо;

$F_{гасСТРОИТ}$ = часть обработанного навоза, используемая для строительства.

Моча и навоз жвачных животных (F_{PRP})

Слагаемое F_{PRP} обозначает годовое количество азота, оставляемого на пастбище, выпасе и загоне жвачными животными. Важно отметить, что азот из внесенного в почвы обработанного навоза

включается в слагаемое F_{AM}, входящее в состав F_{ON}. Слагаемое F_{PRP} оценивается с помощью уравнения 11.5 на основании числа животных в каждом виде / каждой категории скота T (N_(T)), среднегодового количества азота, выделяемого каждым видом / каждой категорией скота T (Nex_(T)) и части этого количества азота, оставляемого на выпасе, пастбище и в загоне каждым видом /каждой категорией скота T (MS_(T,PRP)). Необходимые для этого уравнения данные могут быть получены из главы о сельскохозяйственных животных (см. раздел 10.5, глава 10).

Уравнение 11.5 позволяет получить оценку количества азота, оставляемого жвачными животными.

УРАВНЕНИЕ 11.5
КОЛИЧЕСТВО АЗОТА, ОСТАВЛЯЕМОЕ НА ПАСТБИЩЕ, ВЫПАСЕ И В ЗАГОНЕ ЖВАЧНЫМИ ЖИВОТНЫМИ С МОЧОЙ И ПОМЕТОМ (УРОВЕНЬ 1)

$$F_{PRP} = \sum_T [N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,PRP)}]$$

где:

F_{PRP} = годовое количество азота мочи и помета, оставленное на выпасе, пастбище и в загоне жвачными животными, кг N /год;

N_(T) = количество голов скота вида/категории T в стране (см. раздел 10.2, глава 10);

Nex_(T) = среднегодовое выделение азота на одну голову скота вида/категории T в стране, кг N / животное x год, (см. раздел 10.5, глава 10);

MS_(T,PRP) = часть суммарного количества азота, выделенного каждым видом / каждой категорией T скота, которая оставляется на пастбище, выпасе и в загоне¹² (см. раздел 10.5, глава 10).

Азот возвращаемых в почвы растительных остатков, в том числе от азотфиксирующих культур и от обновляемых/восстанавливаемых кормовых культур и пастбищ (F_{CR}).

Слагаемое F_{CR} обозначает количество азота в растительных остатках (надземных и подземных), в том числе от азотфиксирующих культур, ежегодно возвращаемого в почвы¹³. Оно также включает азот от азотфиксирующих и неазотфиксирующих кормовых растений, минерализованный в процессе обновления/восстановления кормовых культур или пастбищ¹⁴. Данные по этому азоту получают оценкой на основе статистики по урожайности и коэффициентов по умолчанию для отношений надземные/подземные остатки : урожайность и данных о содержании азота в остатках. Кроме того, данный метод учитывает влияние сжигания остатков или прочих способов утилизации остатков (прямые выбросы N₂O от сжигания остатков рассматриваются в разделе 2.4 главы 2). Так как различные типы культур различаются по соотношению остатки : урожайность, времени обновления и содержанию азота, то для основных типов культур должны проводиться отдельные расчеты, а затем значения для азота суммируются по всем типам культур. Рекомендуется, как минимум проводить следующее разделение культур: 1) неазотфиксирующие зерновые культуры (например, кукуруза, рис, пшеница, ячмень); 2) азотфиксирующие зерновые и бобовые культуры (например, соя, фасоль, нут, чечевица); 3) корнеплодные и клубнеплодные культуры (например, картофель, батат, маниок); 4) азотфиксирующие кормовые культуры (люцерна, клевер) и 5) другие кормовые культуры, включая многолетние травы и злаково-бобовые пастбища. Уравнение 11.6 позволяет в рамках подхода уровня 1 оценить азот от растительных остатков и обновления/восстановления кормовых культур / пастбищ.

¹² В разделе о животных пастбище, выпас и загон рассматриваются как одна из систем уборки, хранения и использования навоза и обозначаются "S".

¹³ Уравнение для оценки F_{CR} было модифицировано по сравнению с представленным в *Руководящих принципах МГЭИК, 1996 г.* для учета вклада подземного азота в суммарные поступления азота от растительных остатков, которые ранее игнорировались в оценках F_{CR}. В результате F_{CR} теперь представляет более точную оценку количества поступающего от растительных остатков азота, что позволяет оценить вклад азота остатков, происходящих в результате роста кормовых бобовых культур, таких как люцерна, когда заготовка практически всего надземного сухого вещества приводит к незначительным остаткам, помимо корневой системы.

¹⁴ Включение азота от обновления/возобновления кормовых культур или пастбищ является изменением по сравнению с *Руководящими принципами МГЭИК, 1996 г.*

УРАВНЕНИЕ 11.6

КОЛИЧЕСТВО АЗОТА, ВОЗВРАЩАЕМОЕ В ПОЧВЫ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ ОСТАТКАМИ И В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБНОВЛЕНИЯ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР / ПАСТБИЩ (УРОВЕНЬ 1)

$$F_{CR} = \sum_T \left\{ \left[\text{Урожай}_{(T)} \cdot (\text{Площ.}_{(T)} - \text{Площ.выж.}_{(T)} \cdot C_f) \cdot \text{Frac}_{\text{Обнов.}(T)} \right] \cdot \left[R_{AG(T)} \cdot N_{AG(T)} \cdot (1 - \text{Frac}_{\text{Изъят.}(T)}) + R_{BG(T)} \cdot N_{BG(T)} \right] \right\}$$

где:

F_{CR} = годовое количество азота в растительных остатках (надземных и подземных), в том числе от азотфиксирующих культур и обновления/восстановления кормовых культур и пастбищ, возвращаемое в почвы, кг N / год;

$\text{Урожай}_{(T)}$ = собранный за год урожай культуры T в расчете на сухое вещество с единицы площади, кг с.в. / га;

$\text{Площ.}_{(T)}$ = общая убранная за год площадь под культурой T , га/год;

$\text{Площ.выж.}_{(T)}$ = выжженная за год площадь под культурой T , га/год;

C_f = коэффициент сгорания (не имеет размерности) (см. таблицу 2.6 в главе 2);

$\text{Frac}_{\text{Обнов.}(T)}$ = часть от общей площади под культурой T , которая ежегодно обновляется¹⁵. Для стран, в которых пастбища обновляются в среднем через каждые X лет $\text{Frac}_{\text{Обнов.}} = 1/X$. Для однолетних культур $\text{Frac}_{\text{Обнов.}} = 1$;

$R_{AG(T)}$ = отношение надземной части остатков ($AG_{DM(T)}$) к убранному урожаю культуры T ($\text{Сгор}_{(T)}$) в расчете на сухой вес, кг с.в. / кг с.в.,

$$= AG_{DM(T)} \cdot 1000 / \text{Сгор}_{(T)} \quad (AG_{DM(T)} \text{ рассчитывается на основе информации в таблице 11.2})$$

$N_{AG(T)}$ = содержание азота в надземных остатках для культуры T , кг N / кг с.в., (таблица 11.2);

$\text{Frac}_{\text{Изъят.}(T)}$ = часть надземных остатков культуры T , ежегодно изымаемая для питания, подстилки и строительства, кг N / кг N культуры. Для получения данных необходим опрос экспертов страны. При отсутствии данных $\text{Frac}_{\text{Изъят.}}$, следует предположить отсутствие изъятий.

$R_{BG(T)}$ = отношение подземных остатков к убранному урожаю культуры T , кг с.в. / кг с.в. При отсутствии альтернативной информации $R_{BG(T)}$ может быть рассчитан путем умножения $R_{BG-вю}$ из таблицы 11.2 на отношение суммарной надземной биомассы к урожайности (= $[(AG_{DM(T)} \cdot 1000 + \text{Сгор}_{(T)}) / \text{Сгор}_{(T)}]$, ($AG_{DM(T)}$ также рассчитывается на основе информации в таблице 11.2);

$N_{BG(T)}$ = содержание азота в подземных остатках для культуры T , кг N / кг с.в., (таблица 11.2);

T = тип сельскохозяйственной или кормовой культуры.

Статистические данные по урожайности (урожаи и убранные площади для разных культур) могут быть получены из национальных источников. Если такие данные отсутствуют, ФАО публикует данные о продукции растениеводства: (<http://faostat.fao.org/>).

Так как статистика урожайности для многих культур сообщается для массы высушенной на поле или свежееубранной продукции, то можно использовать поправочный коэффициент для оценки сухой массы выхода продукции ($\text{Урожай}_{(T)}$) в применимых случаях (уравнение 11.7). Используемые корректировки зависят от принятых стандартов в отчетности по урожаю, которые могут различаться по странам. В качестве альтернативы могут быть использованы значения по умолчанию для содержания сухого вещества из таблицы 11.2.

УРАВНЕНИЕ 11.7

ПЕРЕВОД ДАННЫХ УРОЖАЙНОСТИ К СУХОЙ МАССЕ

$$\text{Урожай}_{(T)} = \text{Свежееубр.урож.}_{(T)} \cdot DRY$$

где:

¹⁵ Это слагаемое включается в уравнение для учета высвобождения азота и последующих увеличений выбросов N_2O (например, van der Weerden *et al.*, 1999; Davies *et al.*, 2001) от обновления/восстановления и культивирования выпасаемых злаковых или злаково-бобовых пастбищ и прочих кормовых культур.

Урожай_(T) = собранный урожай культуры *T* в расчете на сухое вещество, кг с.в. /га;

Свежеубр.урож._(T) = собранный урожай культуры *T* (масса свежей продукции), кг свежесобранной продукции /га;

DRY = доля сухого вещества в собранном урожае *T*, кг с.в. / кг свежесобранной продукции.

Регрессионные уравнения из таблицы 11.2 также могут использоваться для расчета общего содержания сухого вещества в надземных остатках, а другие данные из этой таблицы позволят рассчитать в свою очередь содержание азота в надземных остатках, сухого вещества в подземных остатках и общее содержание азота в подземных остатках. Суммарная добавка азота, F_{CR}, представляет собой суммарное содержание азота в надземных и подземных остатках. При данном подходе F_{CR} дается уравнением 11.7А:

УРАВНЕНИЕ 11.7А
АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ F_{CR} (ИСПОЛЬЗУЯ ТАБЛИЦУ 11.2)

$$F_{CR} = \sum_T \left\{ \begin{array}{l} AG_{DM(T)} \cdot (Площ_{(T)} - Площ_{выж.-(T)} \cdot CF) \cdot Frac_{Обнов.-(T)} \cdot \\ \left[N_{AG(T)} \cdot (1 - Frac_{Изъям.-(T)}) + R_{BG-BIO(T)} \cdot N_{BG(T)} \right] \end{array} \right\}$$

Усовершенствованием по данному подходу для определения F_{CR} (уровень 2) было бы использование данных по конкретной стране вместо значений, приведенных в таблице 11.2, а также значений по конкретной стране для части сожженных надземных остатков.

*Минерализованный азот, получающийся в результате потери почвенных органических запасов углерода в минеральных почвах при изменении землепользования или практики управления (F_{SOM})*¹⁶

Слагаемое F_{SOM} обозначает количество азота, минерализованного в результате потерь в почвенном органическом углероде в минеральных почвах при изменении землепользования или практики управления (F_{SOM}). Как объяснялось в разделе 2.3.3 главы 2, изменение землепользования и различные практики управления могут оказывать значительное воздействие на запас почвенного органического углерода. Органический углерод и азот тесно связаны в почвенном органическом веществе. При потере углерода через окисление в результате изменения землепользования или управления эта потеря сопровождается одновременной минерализацией азота.

В случае, если происходит потеря почвенного углерода, этот минерализованный азот рассматривается как дополнительный источник азота, доступного для превращения в N₂O (Smith and Conen, 2004); точно также становится источником, например, высвобождающийся в результате разложения растительных остатков минеральный азот. К минерализованному азоту, который получается в результате потерь почвенного органического вещества, применяется тот же коэффициент выбросов по умолчанию (EF₁), что и для прямых выбросов, происходящих от поступлений удобрения и органического азота к сельскохозяйственным угодьям. Это связано с тем, что аммоний и нитрат, получающиеся в результате минерализации почвенного органического вещества, одинаково ценны в качестве субстрата для микроорганизмов, продуцирующих N₂O путем нитрификации и денитрификации, независимо от того, что именно является источником минерального азота – потеря почвенного органического вещества вследствие изменения землепользования или управления, разложение растительных остатков, искусственные удобрения или органические удобрения. (Примечание: процесс, обратный минерализации, при котором неорганический азот связывается во вновь образованном почвенном органическом веществе (SOM), не учитывается при расчете источника азота для минерализации. Это объясняется различной динамикой разложения и образования SOM, а также тем, что поверхностная обработка в некоторых случаях может привести к увеличению как SOM, так и выбросов N₂O.)

Методы уровней 1 и 2 для расчета высвобождения азота посредством минерализации для всех случаев, при которых происходят потери углерода (в соответствии с расчетом по уравнению 2.25 в главе 2), показаны ниже:

Этапы расчета для оценки изменений в поступлении азота в результате минерализации:

Этап 1: Оценить среднегодовые потери почвенного углерода (ΔC_{Минерал.}, LU) для рассматриваемой площади за период кадастра, используя уравнение 2.25 в главе 2. При использовании подхода уровня 1

¹⁶ Включение слагаемого F_{SOM} является изменением по сравнению с предыдущими Руководящими принципами МГЭИК, 1996 г., которые не учитывали азота от минерализации, связанной с потерями почвенного органического углерода.

$\Delta C_{\text{Mineral}}$, LU будет иметь одно и то же значение для всех землепользований и систем управления. При использовании уровня 2 значение для $\Delta C_{\text{Mineral}}$, LU разукрупняется по отдельным землепользованиям и/или системам управления.

Этап 2: Оценить количество азота, минерализованного в результате этой потери почвенного углерода (F_{SOM}), используя уравнение 11.8.

УРАВНЕНИЕ 11.8
КОЛИЧЕСТВО АЗОТА, МИНЕРАЛИЗУЕМОГО В МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВАХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОТЕРЬ
ПОЧВЕННОГО УГЛЕРОДА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ В ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИИ ИЛИ УПРАВЛЕНИИ
(УРОВНИ 1 И 2)

$$F_{\text{SOM}} = \sum_{\text{LU}} \left[\left(\Delta C_{\text{Mineral}, \text{LU}} \cdot \frac{1}{R} \right) \cdot 1000 \right]$$

где:

F_{SOM} = итоговое годовое количество азота, минерализуемого в минеральных почвах в результате потерь почвенного углерода при изменении в землепользовании или управлении, кг N;

$\Delta C_{\text{Mineral}, \text{LU}}$ = среднегодовые потери почвенного углерода для каждого типа землепользования (LU), тонны C (примечание: на уровне 1 $\Delta C_{\text{Mineral}, \text{LU}}$ будет иметь одно и то же значение для всех землепользований и систем управления. При использовании уровня 2 значение для $\Delta C_{\text{Mineral}, \text{LU}}$ разукрупняется по отдельным землепользованиям и/или системам управления.

R = C:N отношение для почвенного органического вещества. В ситуациях, включающих изменение землепользования от лесных площадей или пастбищ в возделываемые земли, для отношения C:N может использоваться значение по умолчанию, равное 15 (диапазон неопределенности от 10 до 30), если отсутствуют более конкретные данные для этой площади. В ситуациях, включающих изменения управления на *возделываемых землях, остающихся возделываемыми землями*, может использоваться значение по умолчанию, равное 10 (диапазон от 8 до 15). Отношение C:N может изменяться со временем, с изменением землепользования или практики управления¹⁷. Если страны могут документировать изменения в отношении C:N, то тогда по временному ряду, землепользованиям или практикам управления могут использоваться различные значения для этого отношения.

LU = тип землепользования и/или системы управления.

Этап 3: На уровне 1 значение для F_{SOM} рассчитывается за один этап. На уровне 2 F_{SOM} рассчитывается суммированием по всем типам землепользования и/или систем землепользования (LU).

Страны, которые не могут оценить общие изменения в углероде минеральных почв, создают тем самым отклонение в оценке N_2O , и *эффективная практика* заключается в подтверждении соответствующих предельных значений в отчетной документации. *Эффективная практика* заключается также в использовании конкретных отношений C:N для разукрупненных земельных площадей, если такие данные доступны, в сочетании с данными для изменений в углероде.

Площадь осушенных/обрабатываемых органических почв (F_{os}):

Слагаемое F_{os} обозначает общую годовую площадь (га) осушенных/обрабатываемых органических почв (см. определение в сноске 4). Это определение применяется как к методам уровня 1, так и к методам уровня 2. Площади всех землепользований должны быть стратифицированы по климатическим зонам (умеренный и тропический). Кроме того, лесные площади должны быть далее стратифицированы по плодородию почв (богатая питательными веществами и бедная питательными веществами). Данные о площади осушенных/обрабатываемых органических почв (F_{os}) могут быть получены из официальной национальной статистики. В качестве альтернативы данные об общей площади органических почв для каждой страны могут быть получены от ФАО (<http://faostat.fao.org/>), а для оценки осушенных/обрабатываемых площадей может быть использовано экспертное заключение. Национальные данные по лесным площадям можно получить от занимающихся почвенными съемками организаций и от проводимых, например, для международных конвенций, съемок водно-болотных угодий. В случае

¹⁷ Информация по отношениям C:N для лесных и возделываемых почв может быть найдена в следующих ссылках: Aitkenhead-Peterson *et al.*, 2005; Garten *et al.*, 2000; John *et al.*, 2005; Lobe *et al.*, 2001; Snowdon *et al.*, 2005 и прочие ссылки, процитированные этими авторами.

невозможности стратификации по продуктивности почвы страны могут полагаться на результаты заключений экспертов.

11.2.1.4 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

Неопределенности в оценках прямых выбросов N₂O из обрабатываемых почв вызваны неопределенностями, связанными с коэффициентами выбросов (диапазоны неопределенностей см. в таблице 11.1), естественной изменчивостью, долями разбиений, данными о деятельности, недостаточным охватом измерений, пространственным обобщением и нехваткой информации о конкретной сельскохозяйственной практике. Дополнительная неопределенность будет внесена в кадастр в случае использования данных измерений выбросов, которые не являются репрезентативными для всех существующих в стране условий. В целом надежность данных о деятельности будет выше по сравнению с надежностью данных о коэффициентах выбросов. В качестве примера можно привести тот факт, что дополнительные неопределенности могут быть вызваны отсутствием информации о соблюдении законов и правил, касающихся обработки и применения удобрений и навоза, а также изменением практики управления в сельском хозяйстве. Как правило, трудно получить информацию о фактическом соблюдении законов и возможных достигнутых уменьшениях выбросов, а также информацию об агротехнических приемах. Более подробные указания по оценке неопределенностей приводятся в главе 3 тома 1.

ТАБЛИЦА 11.2
КОЭФФИЦИЕНТЫ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДОБАВЛЯЕМОГО К ПОЧВАМ АЗОТА ОТ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ^a

Сельско-хозяйственные культуры	Доля сухого вещества в собранном урожае (DRY)	Сухое вещество надземного остатка $AG_{DM(T)}$ (Мг/га): $AG_{DM(T)} = Crop_{(T)} * slope_{(T)} + intercept_{(T)}$					Содержание азота в надземных остатках (N_{AG})	Отношение подземных остатков к надземной биомассе (R_{BG-BO})	Содержание азота в подземных остатках (N_{BG})
		Slope (угловой коэффициент)	± 2-х кратное среднеквадратическое отклонение в % от среднего значения	Intercept (постоянная составляющая)	± 2-х кратное среднеквадратическое отклонение в % от среднего значения	R^2 adj.			
<i>Основные типы культур</i>									
Зерновые	0,88	1,09	± 2%	0,88	± 6%	0,65	0,006	0,22 (± 16%)	0,009
Бобы и бобовые ^b	0,91	1,13	± 19%	0,85	± 56%	0,28	0,008	0,19 (± 45%)	0,008
Клубнеплоды ^c	0,22	0,10	± 69%	1,06	± 70%	0,18	0,019	0,20 (± 50%)	0,014
Корнеплоды, прочие ^d	0,94	1,07	± 19%	1,54	± 41%	0,63	0,016	0,20 (± 50%)	0,014
Азотфиксирующие кормовые	0,90	0,3	± 50%: (по умолчанию)	0	-	-	0,027	0,40 (± 50%)	0,022
Неазотфиксирующие кормовые	0,90	0,3	± 50%: (по умолчанию)	0	-	-	0,015	0,54 (± 50%)	0,012
Многолетние травы	0,90	0,3	± 50%: (по умолчанию)	0	-	-	0,015	0,80 (± 50%) ¹	0,012
Злаково-бобовое разнотравье	0,90	0,3	± 50%: (по умолчанию)	0	-	-	0,025	0,80 (± 50%) ¹	0,016 ^p
<i>Отдельные культуры</i>									
Кукуруза	0,87	1,03	± 3%	0,61	± 19%	0,76	0,006	0,22 (± 26%)	0,007
Пшеница	0,89	1,51	± 3%	0,52	± 17%	0,68	0,006	0,24 (± 32%)	0,009
Озимая пшеница	0,89	1,61	± 3%	0,40	± 25%	0,67	0,006	0,23 (± 41%)	0,009
Яровая пшеница	0,89	1,29	± 5%	0,75	± 26%	0,76	0,006	0,28 (± 26%)	0,009
Рис	0,89	0,95	± 19%	2,46	± 41%	0,47	0,007	0,16 (± 35%)	NA
Ячмень	0,89	0,98	± 8%	0,59	± 41%	0,68	0,007	0,22 (± 33%)	0,014
Овес	0,89	0,91	± 5%	0,89	± 8%	0,45	0,007	0,25 (± 120%)	0,008
Просо	0,90	1,43	± 18%	0,14	± 308%	0,50	0,007	NA	NA
Сорго	0,89	0,88	± 13%	1,33	± 27%	0,36	0,007	NA	0,006
Рожь ^e	0,88	1,09	± 50%: (по умолчанию)	0,88	± 50%: (по умолчанию)	-	0,005	NA	0,011

ТАБЛИЦА 11.2 (ПРОДОЛЖЕНИЕ)
КОЭФФИЦИЕНТЫ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДОБАВЛЯЕМОГО К ПОЧВАМ АЗОТА ОТ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ^a

Сельскохозяйственные культуры	Доля сухого вещества в собранном урожае (DRY)	Сухое вещество надземного остатка AG _{DM(T)} (Мг/га): AG _{DM(T)} = Crop _(T) * slope _(T) + intercept _(T)					R ² adj.	Содержание азота в надземных остатках (N _{AG})	Отношение подземных остатков к надземной биомассе (R _{BG-ВЮ})	Содержание азота в подземных остатках (N _{BG})
		Slope (угловой коэффициент)	± 2-х кратное среднеквадратическое отклонение в % от среднего значения	Intercept (постоянная составляющая)	± 2-х кратное среднеквадратическое отклонение в % от среднего значения					
Соя ^f	0,91	0,93	± 31%	1,35	± 49%	0,16	0,008	0,19 (± 45%)	0,008	
Фасоль ^g	0,90	0,36	± 100%	0,68	± 47%	0,15	0,01	NA	0,01	
Картофель ^h	0,22	0,10	± 69%	1,06	± 70%	0,18	0,019	0,20 (± 50%) ^m	0,014	
Арахис (неочищенный) ⁱ	0,94	1,07	± 19%	1,54	± 41%	0,63	0,016	NA	NA	
Люцерна ^j	0,90	0,29 ^k	± 31%	0	-	-	0,027	0,40 (± 50%) ⁿ	0,019	
Сено из небобовых культур ^j	0,90	0,18	± 50%: (по умолчанию)	0	-	-	0,15	0,54 (± 50%) ⁿ	0,012	

^a Источник: Литературный обзор, Стефен А. Уильямс, лаборатория экологии природных ресурсов, Университет штата Колорадо. (Email: stevewi@warnernr.colostate.edu) для CASMGs (<http://www.casmsg.colostate.edu/>). Список первичных ссылок приводится в приложении 11А.1.

^b Среднее отношение «надземные остатки : зерно» на основании всех использованных данных равнялось 2,0, включая данные для сои, фасоли, чечевицы, коровьего гороха, урда и гороха.

^c Смоделировано по данным для картофеля.

^d Смоделировано по данным для арахиса.

^e Нет данных для ржи. Значения для slope (углового коэффициента) и intercept (постоянной составляющей) такие же, как для всех зерновых. Среднеквадратическое отклонение по умолчанию.

^f Среднее отношение «надземные остатки : зерно» на основании всех использованных данных равнялось 1,9.

^g Ortega, 1988 (см. приложение 11А.1). Среднее отношение «надземные остатки : зерно» на основании данных этого единственного источника равнялось 1,6; среднеквадратическое отклонение принято как для отношения «корни : надземная биомасса».

^h Среднее значение для отношения «надземные остатки : клубнеплоды» на основании использованных источников равнялось 0,27 при среднеквадратической ошибке равной 0,04.

ⁱ Среднее значение для отношения «надземные остатки : выход плодов» на основании использованных источников равнялось 1,80 при среднеквадратической ошибке равной 0,10.

^j Единственный источник. Среднеквадратическое отклонение по умолчанию для отношения «корни : надземная биомасса».

^k Это средняя надземная биомасса, указываемая в отчетности как потери подстилки или при заготовке. Сюда не включена указанная в отчетности стерня, составляющая в среднем 0,165 x сообщаемый урожай. Среднеквадратическое отклонение по умолчанию.

^l Оценка оборота корней в надземную продукцию основана на допущении о том, что в естественных травяных системах подземная биомасса примерно равна удвоенной (от 1 до 3 раз) надземной биомассе, и что оборот корней в этих системах составляет в среднем примерно 40% (от 30 до 50%) за год. Среднеквадратическое отклонение по умолчанию.

^m Это оценка для не клубнеплодных корней, основанная на значениях отношения «корни : побеги» для других культур. Если нетоварный урожай клубней возвращается в почву, то данные берутся из работы Vangessel and Renner, 1990 (см. приложение 11А.1) (нетоварный урожай = 0,08 * товарный урожай = 0,29 * надземная биомасса), и они позволяют предположить, что суммарные возвращаемые остатки могут оказаться порядка 0,49 * надземной биомассы. Среднеквадратическое отклонение по умолчанию.

ⁿ Это оценка оборота корней в системах многолетних растений. Среднеквадратическое отклонение по умолчанию.

^o Здесь предполагается, что травы доминируют в системе над бобовыми (с соотношением от 1 до 2 раз).

11.2.2 Косвенные выбросы N₂O

Помимо прямых выбросов N₂O из обрабатываемых почв, которые происходят прямым путем (т.е. непосредственно из почв, к которым поступает азот), выбросы N₂O происходят также по двум косвенным путям (как показано выше в разделе 11.2).

Первый из этих путей – это улетучивание азота в виде NH₃ и окисей азота (NO_x) и депонирование этих газов и их продуктов NH₄⁺ и NO₃⁻ на почвах и поверхности озер и прочих водоемов. Источники азота в виде NH₃ и NO_x не ограничиваются сельскохозяйственными удобрениями и навозом, но включают также сжигание ископаемого топлива, сжигание биомассы и различные процессы в химической промышленности (см. раздел 7.3, глава 7, том 1). Эти процессы приводят к выбросам N₂O точно таким же образом, как и в результате депонирования получаемых в сельском хозяйстве NH₃ и NO_x, после применения искусственных и органических азотных удобрений и/или оставления мочи и помета от жвачных животных. Второй путь состоит в вымывании и стоке с земель азота, входящего в состав искусственных и органических удобрений и растительных остатков¹⁸, минерализации азота, связанного с потерями почвенного углерода в минеральных и осушенных/обрабатываемых органических почвах в результате изменения землепользования или практики управления и оставления мочи и помета от жвачных животных. Часть неорганического азота в почве или на ней, главным образом в форме NO₃⁻, может обойти биологические механизмы удержания в почвенно-растительной системе путем транспорта с поверхностным потоком воды (сток) и/или потоком через почвенные макропоры или трубчатую дренажную систему. Если NO₃⁻ присутствует в почве в количествах, превышающих биологические потребности, например, участки слива мочи от скота, избытки вымываются через профиль почвы. В процессах нитрификации и денитрификации, описанных в начале данной главы, происходит трансформация некоторой части NH₄⁺ и NO₃⁻ в N₂O. Это может происходить в подземных водах под землей, куда добавлялся азот, или в прибрежной зоне, принимающей дренажные или сточные воды, или в канавах, потоках, реках и эстуариях (и в их осадочных отложениях), куда, в конечном счете, поступает дренажный сток.

В данной методологии, описанной в настоящей главе, рассматриваются следующие источники азота для косвенных выбросов N₂O из обрабатываемых почв, происходящие в результате сельскохозяйственных поступлений азота:

- искусственные азотные удобрения (F_{SN});
- органический азот, внесенный в качестве удобрения (например, навоз¹⁹, компост, осадок сточных вод, отходы переработки непищевого животного сырья и другие органические удобрения) (F_{ON});
- азот мочи и помета, оставленный на пастбище, выпасе и загоне жвачными животными (F_{PRP});
- возвращаемый в почвы азот растительных остатков (надземных и подземных), в том числе от азотфиксирующих культур и от обновления/восстановления кормовых культур /пастбищ (F_{CR})²⁰; и
- минерализация азота, связанная с потерей почвенного органического вещества в результате изменения землепользования или управления на минеральных почвах (F_{SOM}).

Описанные ниже общие методы уровней 1 и 2 могут использоваться для оценки обобщенных суммарных косвенных выбросов N₂O от сельскохозяйственных внесений азота в обрабатываемые почвы по всей стране. Если страна оценивает свои прямые выбросы N₂O из обрабатываемых почв с разделением по категориям землепользования, то косвенные выбросы N₂O могут также оцениваться с тем же разукрупнением по категориям землепользования, используя представленные ниже уравнения с данными о деятельности, долями разбиений и/или коэффициентами выбросов, конкретными для каждой категории землепользования. Методология для оценки косвенных выбросов N₂O от источников, связанных с горением, и промышленных источников описывается в разделе 7.3 главы 7 тома 1.

¹⁸ Учет растительных остатков в качестве поступления азота в компонент вымывания и стока является изменением по сравнению с предыдущими Руководящими принципами МГЭИК.

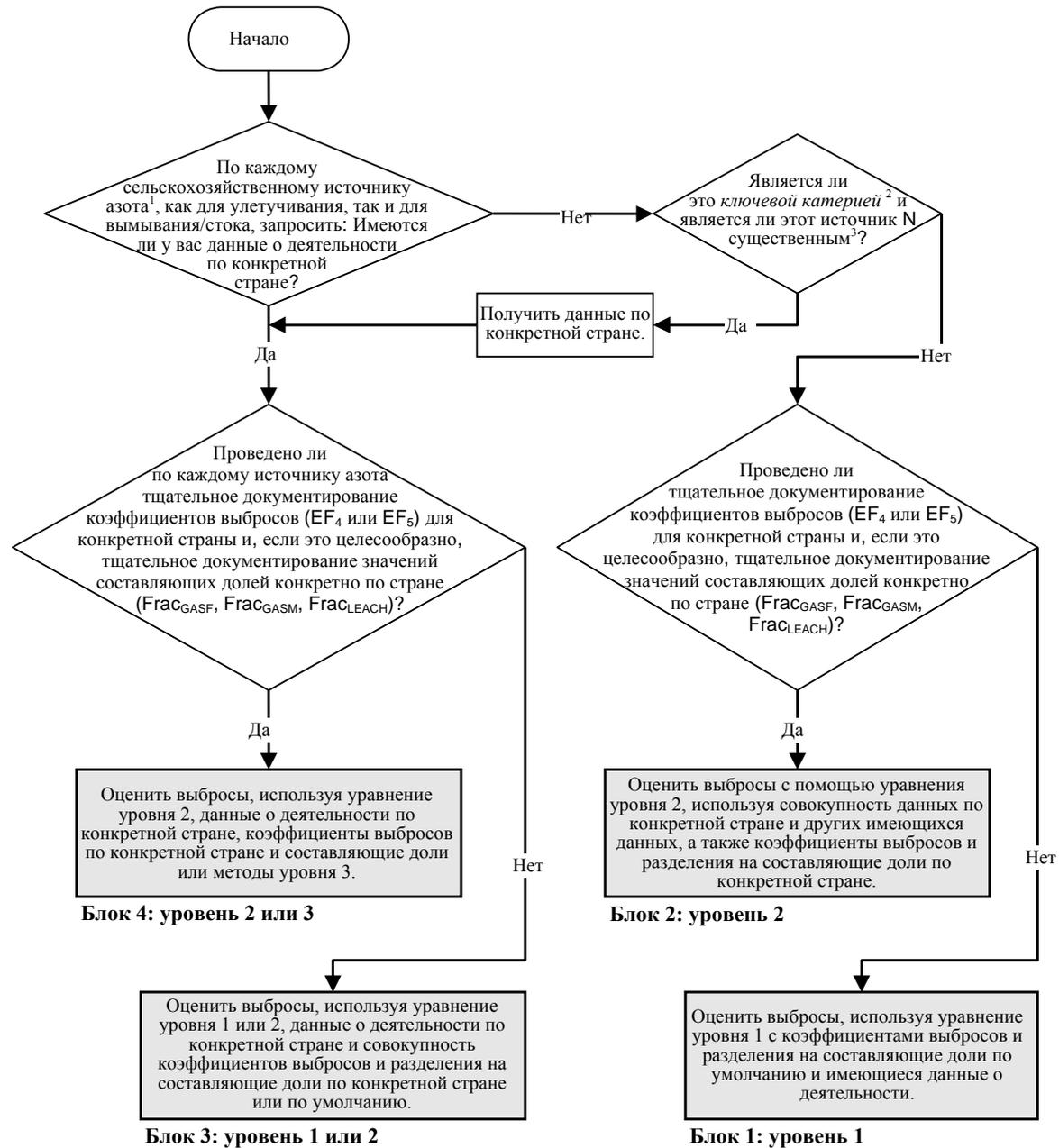
¹⁹ Улетучивание и последующее депонирование азота от навоза в системах его уборки, хранения и использования рассматривается в настоящей главе, в разделе об уборке, хранении и использовании навоза.

²⁰ Азот из этих компонентов включается только в компонент косвенных выбросов N₂O, связанных с вымыванием/стоком.

11.2.2.1 ВЫБОР МЕТОДА

Схема принятия решений на рисунке 11.3 (косвенные выбросы N₂O) содержит указания по выбору подходящего уровня метода.

Рисунок 11.3 Схема принятия решений для косвенных выбросов N₂O из обрабатываемых почв



Примечание:

1: Источники азота включают: искусственное азотное удобрение; органические азотные добавки; мочу и помет, оставленные животными; растительные остатки; минерализацию/иммобилизацию азота, связанную с потерей/попадением почвенного углерода на минеральных почвах в результате изменения землепользования или практики управления (растительные остатки и минерализация/иммобилизация азота учитывается только для косвенных выбросов N₂O в результате вымывания/стока). При наличии достаточной информации могут быть включены осадки сточных вод или другие органические азотные добавки.

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

3: Согласно эмпирическому правилу, категория подисточников будет иметь существенное значение, если на ее долю приходится 25-30 % выбросов из данной категории источников.

Уровень 1Улетучивание, $N_2O_{(ATD)}$

Выбросы N_2O в результате осаждения из атмосферы азота, улетучившегося из обрабатываемых почв оцениваются с помощью уравнения 11.9:

УРАВНЕНИЕ 11.9
ВЫБРОСЫ N_2O В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСАЖДЕНИЯ ИЗ АТМОСФЕРЫ АЗОТА, УЛЕТУЧИВШЕГОСЯ ИЗ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОЧВ (УРОВЕНЬ 1)

$$N_2O_{(ATD)}-N = [(F_{SN} \cdot Frac_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \cdot Frac_{GASM})] \cdot EF_4$$

где:

$N_2O_{(ATD)}-N$ = годовое количество N_2O-N , которое образуется в результате осаждения из атмосферы азота, улетучившегося из обрабатываемых почв, кг N_2O-N /год;

F_{SN} = годовое количество азота искусственных удобрений, внесенного в почвы, кг N /год;

$Frac_{GASF}$ = часть азота искусственного удобрения, которая улетучивается в виде NH_3 и NO_x , кг улетучившегося N / кг внесенного N (таблица 11.3);

F_{ON} = годовое количество азота в составе надлежащим образом подготовленных и внесенных в почву навоза, компоста, осадков сточных вод и других органических азотсодержащих добавок, кг N/год;

F_{PRP} = годовое количество азота мочи и помета, оставленное на пастбище, выпасе и загоне жвачными животными, кг N /год;

$Frac_{GASM}$ = часть азота внесенных органических азотных удобрений (F_{ON}), а также азота мочи и помета, оставленных жвачными животными, (F_{PRP}), которая улетучивается в виде NH_3 и NO_x , кг улетучившегося N / кг внесенного или оставленного N (таблица 11.3);

EF_4 = коэффициент выбросов для выбросов N_2O в результате осаждения азота из атмосферы на почву и водные поверхности, кг $N-N_2O$ / кг улетучившихся NH_3-N + NO_x-N (таблица 11.3);

Преобразование выбросов $N_2O_{(ATD)}-N$ в выбросы N_2O для целей отчетности производится при помощи следующего уравнения:

$$N_2O_{(ATD)} = N_2O_{(ATD)}-N \cdot 44/28$$

Вымывание/сток, $N_2O_{(L)}$

Выбросы N_2O в результате вымывания и стока в регионах, где происходит вымывание и сток, оцениваются с помощью уравнения 11.10:

УРАВНЕНИЕ 11.10
ВЫБРОСЫ N_2O В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЫМЫВАНИЯ И СТОКА АЗОТА ИЗ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОЧВ В РЕГИОНАХ, ГДЕ ПРОИСХОДИТ ВЫМЫВАНИЕ И СТОК (УРОВЕНЬ 1)

$$N_2O_{(L)}-N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot Frac_{LEACH-(H)} \cdot EF_5$$

где:

$N_2O_{(L)}-N$ = годовое количество N_2O-N , образующееся в результате вымывания и стока азотных добавок в обрабатываемые почвы в регионах, где происходит вымывание и сток, кг N_2O-N /год;

F_{SN} = годовое количество азота внесенных в почву искусственных удобрений в регионах, где происходит вымывание и сток, кг N/год;

F_{ON} = годовое количество азота в надлежащим образом подготовленных и внесенных в почву навозе, компосте, осадках сточных вод и других органических азотсодержащих добавках, в регионах, где происходит вымывание и сток, кг N/год;

F_{PRP} = годовое количество азота мочи и помета, оставленное жвачными животными, в регионах, где происходит вымывание и сток, кг N /год (из уравнения 11.5);

F_{CR} = годовое количество возвращаемого в почвы азота в растительных остатках (надземных и подземных), в том числе от азотфиксирующих культур и обновления/восстановления кормовых культур и пастбищ в регионах, где происходит вымывание и сток, кг N /год;

F_{SOM} = годовое количество азота, минерализованного в минеральных почвах в связи с потерей почвенного углерода из почвенного органического вещества в результате изменений в землепользовании или управлении в регионах, где происходит вымывание и сток, кг N /год (из уравнения 11.8);

$F_{Grac_{LEACH-(H)}}$ = часть всего добавленного к обрабатываемым почвам или минерализованного в обрабатываемых почвах азота, которая теряется через вымывание и сток в регионах, где происходит вымывание и сток, кг N / кг добавок N (таблица 11.3);

EF_5 = коэффициент выбросов для выбросов N₂O от вымывания и стока азота, кг N₂O-N / кг вымываемого и стекаемого N (таблица 11.3);

Примечание: Если страна может оценить количество минерализованного азота из органических почв, то следует учесть это в виде дополнительного поступления в уравнении 11.10.

Преобразование выбросов N₂O_(L)-N в выбросы N₂O для целей отчетности производится при помощи следующего уравнения:

$$N_2O_{(L)} = N_2O_{(L)-N} \cdot 44/28$$

Уровень 2

Если имеются более подробные коэффициенты выбросов, улетучивания и вымывания по какой-либо стране, чем представленные в таблицы 11,3, то может быть проведено также дальнейшее разукрупнение слагаемых уравнения. Например, если имеются конкретные коэффициенты улетучивания для применения искусственных удобрений (F_{SN}) при различных условиях i , уравнение 11.9 будет расширено следующим образом²¹:

УРАВНЕНИЕ 11.11
ВЫБРОСЫ N₂O В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСАЖДЕНИЯ ИЗ АТМОСФЕРЫ АЗОТА, УЛЕТУЧИВШЕГОСЯ ИЗ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ПОЧВ (УРОВЕНЬ 2)

$$N_2O_{(ATD)-N} = \left\{ \sum_i (F_{SN_i} \cdot Frac_{GASF_i}) + [(F_{ON} + F_{PRP}) \cdot Frac_{GASM}] \right\} \cdot EF_4$$

где:

$N_2O_{(ATD)-N}$ = годовое количество N₂O-N, которое образуется в результате осаждения из атмосферы азота, улетучившегося из обрабатываемых почв, кг N₂O-N /год;

F_{SN_i} = годовое количество азота искусственных удобрений, внесенного в почвы при различных условиях i , кг N/год;

$Frac_{GASF_i}$ = часть азота искусственного удобрения, которая улетучивается в виде NH₃ и NO_x при различных условиях i , кг улетучившегося N / кг внесенного N;

F_{ON} = годовое количество азота в составе надлежащим образом подготовленных и внесенных в почву навоза, компоста, осадков сточных вод и других органических азотсодержащих добавок, кг N /год;

F_{PRP} = годовое количество азота мочи и помета, оставленное на пастбище, выпасе и загоне жвачными животными, кг N /год;

$Frac_{GASM}$ = часть азота внесенных органических азотных удобрений (F_{ON}), а также азота мочи и помета, оставленных жвачными животными, (F_{PRP}), которая улетучивается в виде NH₃ и NO_x, кг улетучившегося N / кг внесенного или оставленного N (таблица 11.3);

EF_4 = коэффициент выбросов для выбросов N₂O в результате осаждения азота из атмосферы на почву и водные поверхности, кг N-N₂O / кг улетучившихся NH₃-N + NO_x-N (таблица 11.3);

²¹ Важно отметить, что уравнение 11.11 является всего лишь одним из многих возможных модификаций уравнения 11.9 и служит также иллюстрацией того, как может быть модифицировано уравнение 11.10 при использовании метода уровня 2. Окончательная форма уравнения 11.11 зависит от наличия данных о долях разбиения и/или коэффициентах выбросов для конкретных землепользований и/или условий и от уровня, до которого страна способна разукрупнить свои данные о деятельности.

Примечание: Если страна может оценить количество азота, минерализованного в результате осушения/обработки органических почв, то следует включить его как одно из поступлений азота в модификацию уравнения 11.10 для уровня 2.

Преобразование выбросов $N_2O_{(ATD)}-N$ в выбросы $N_2O_{(ATD)}$ для целей отчетности производится при помощи следующего уравнения:

$$N_2O_{(ATD)} = N_2O_{(ATD)}-N \cdot 44/28$$

Уровень 3

Методы уровня 3 представляются подходами, основанными на моделировании или измерениях. Модели полезны, так как они могут устанавливать связь ответственных за выбросы переменных с масштабами этих выбросов. Эти связи могут быть затем использованы для прогнозирования выбросов для всей страны или регионов, для которых проведение экспериментальных измерений практически невозможно. Для получения более подробной информации см. раздел 2.5 в главе 2, где приводятся указания, которые подводят прочную научную основу под разработку основанной на моделях системы учета уровня 3

11.2.2.2 ВЫБОР КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЫБРОСОВ, УЛЕТУЧИВАНИЯ И ВЫМЫВАНИЯ

Метод для оценки косвенных выбросов N_2O включает два коэффициента выбросов: первый связан с улетучившимся и повторно осажденным азотом (EF_4), а второй - с азотом, утраченным в результате вымывания и стока (EF_5). Для этого метода также требуются значения для части азота, которая утрачивается в результате улетучивания ($F_{GAS_{GASF}}$ и $F_{GAS_{GASM}}$) или вымывания/стока ($F_{GAS_{LEACH-(H)}}$). В таблице 11.3 представлены значения по умолчанию всех этих коэффициентов.

Следует обратить внимание на то, что в методе уровня 1 для влажных регионов или засушливых регионов, где используется орошение (кроме капельного орошения), значение по умолчанию для $F_{GAS_{LEACH-(H)}}$ составляет 0.30. Для засушливых регионов, где количество осадков ниже эвапотранспирации на протяжении большей части года и возможность вымывания маловероятна, $F_{GAS_{LEACH}}$ принимается по умолчанию равным нулю. Необходимо пользоваться приведенным в таблице 11.3 методом расчета, который позволяет определить возможность принятия $F_{GAS_{LEACH-(H)}} = 0.30$.

Значения для EF_4 по конкретным странам следует использовать с большой осторожностью из-за особой сложности трансграничного атмосферного переноса. Хотя составители кадастра могут располагать конкретными данными измерений осаждения азота и соответствующего потока N_2O , во многих случаях источник осажденного азота может находиться в другой стране. Аналогичным образом, часть азота, которая улетучивается в их стране, может переноситься и осаждаться в другой стране, где могут преобладать иные условия, которые влияют на долю азота, которая выбрасывается в виде N_2O . По этим причинам значение EF_4 очень трудно определить, и метод, представленный в разделе 7.3 главы 7 тома 1, относит все косвенные выбросы N_2O , происходящие от поступлений в обрабатываемые почвы, к странам происхождения атмосферного NO_x и NH_3 , а не к странам, в которые атмосферный NO_x и NH_3 мог переноситься.

11.2.2.3 ВЫБОР ДАННЫХ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Для оценки косвенных выбросов N_2O от различных азотных добавок к обрабатываемым почвам необходимо определить параметры F_{SN} , F_{ON} , F_{PRP} , F_{CR} , F_{SOM} .

Внесенные искусственные удобрения (F_{SN})

Слагаемое F_{SN} обозначает годовое количество вносимого в почву азота искусственных удобрений. См. раздел 11.2.1.3 «Выбор данных о деятельности» относительно прямых выбросов N_2O из обрабатываемых почв, чтобы получить значение для F_{SN} .

Внесенные органические азотные удобрения (F_{ON})

Слагаемое F_{ON} обозначает количество намеренно вносимых в почву органических азотных удобрений. См. раздел 11.2.1.3 «Выбор данных о деятельности» относительно прямых выбросов N_2O из обрабатываемых почв, чтобы получить значение для F_{ON} .

Моча и навоз жвачных животных (F_{PRP})

Слагаемое F_{PRP} обозначает количество азота, оставляемого на пастбище, выпасе и в загоне жвачными животными. См. раздел 11.2.1.3 «Выбор данных о деятельности» относительно прямых выбросов N₂O из обрабатываемых почв, чтобы получить значение для F_{PRP} .

Азот возвращаемых в почвы растительных остатков, в том числе от азотфиксирующих культур и от обновляемых/восстанавливаемых кормовых культур и пастбищ (F_{CR}).

Слагаемое F_{CR} обозначает количество азота в растительных остатках (надземных и подземных), в том числе от азотфиксирующих культур, ежегодно возвращаемого в почвы. Оно также включает азот от азотфиксирующих и неазотфиксирующих кормовых растений, минерализованный в процессе обновления/восстановления кормовых культур/пастбищ. См. раздел 11.2.1.3 «Выбор данных о деятельности» относительно прямых выбросов N₂O из обрабатываемых почв, чтобы получить значение для F_{CR} .

Минерализованный азот, получающийся в результате потери почвенных органических запасов углерода в минеральных почвах (F_{SOM})

Слагаемое F_{SOM} обозначает количество азота, минерализованного в результате потерь почвенного органического углерода в минеральных почвах при изменении землепользования или практики управления (F_{SOM}) См. раздел 11.2.1.3 «Выбор данных о деятельности» относительно прямых выбросов N₂O из обрабатываемых почв, чтобы получить значение для F_{SOM} .

ТАБЛИЦА 11.3
КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЫБРОСОВ, УЛЕТУЧИВАНИЯ И ВЫМЫВАНИЯ ПО УМОЛЧАНИЮ ДЛЯ КОСВЕННЫХ
ВЫБРОСОВ N₂O ИЗ ПОЧВ

Коэффициент	Значение по умолчанию	Диапазон неопределенности
EF ₄ [улетучивание и повторное осаждение азота], кг N ₂ O–N / (кг улетучившегося NH ₃ –N + NO _x –N) ²²	0,010	0,002 - 0,05
EF ₅ [вымывание/сток], кг N ₂ O–N / (кг N для вымывания/стока) ²³	0,0075	0,0005 - 0,025
F _{gas} GASF [улетучивание от искусственного удобрения], (кг NH ₃ –N + NO _x –N) / (кг внесенного N)	0,10	0,03 - 0,3
F _{gas} GASM [улетучивание от всех внесенных органических азотных удобрений, а также навоза и мочи, оставленных жвачными животными], (кг NH ₃ –N + NO _x –N) / (кг азота, внесенного или оставленного)	0,20	0,05 - 0,5
F _{gas} LEACH-(H) ₀ [потери азота с вымыванием/стоком для регионов, где Σ(дожди в дождливый сезон) - Σ (PE за тот же период) > водоудерживающей способности почвы, ИЛИ при орошении (кроме капельного орошения)], кг N / (кг азота в составе добавок или, оставленного жвачными животными)	0,30	0,1 - 0,8
Примечание: Использовавшееся прежде слагаемое F _{gas} LEACH модифицировано, таким образом, что теперь оно применимо только к регионам, в которых превышена водоудерживающая способность почвы в результате дождевых осадков и/или орошения (исключая капельное орошение) и происходит вымывание/сток воды, и это слагаемое заново обозначено как F _{gas} LEACH-(H) ₀ . В приведенном выше определении F _{gas} LEACH-(H) ₀ PE представляет собой потенциальное испарение, а дождливый сезон(ы) может рассматриваться как период(ы), когда дождевые осадки > 0,5 * (испарение в эвапориметре). (Объяснения терминов «потенциальное испарение» и «испарение в эвапориметре» можно найти в стандартной литературе по метеорологии и сельскому хозяйству). Для прочих регионов значение F _{gas} LEACH по умолчанию принимается равным нулю.		

11.2.2.4 ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

Неопределенности в оценках косвенных выбросов N₂O из обрабатываемых почв вызваны неопределенностями, связанными с естественной изменчивостью, коэффициентами выбросов, улетучиваемости и вымывания (см. таблицу 11.3 для диапазонов неопределенности), данными о деятельности и недостаточностью измерений. Дополнительная неопределенность будет внесена в кадастр в случае использования значений для этих коэффициентов, которые не являются репрезентативными для всех существующих в стране условий. В целом надежность данных о деятельности будет выше по сравнению с надежностью данных о коэффициентах выбросов, улетучиваемости и вымывания. Также, как в случае прямых выбросов, дополнительные неопределенности могут быть вызваны отсутствием информации о соблюдении законов и правил, касающихся обработки и применения удобрений и навоза, а также изменением практики управления в

²² Диапазон неопределенности расширен, принимая во внимание результаты, показывающие, что выбросы из некоторых сред, в частности, из лиственных лесов, которые характеризуются высокими темпами осаждения азота из атмосферы, существенно выше сообщавшихся ранее (например, Butterbach-Bahl *et al.*, 1997; Brumme *et al.*, 1999; Denier van der Gon and Bleeker, 2005), в то время как имеются также ясные доказательства того, что коэффициенты выбросов могут быть очень низкими (<< 0.01) в средах с низким осаждением (например, Cotte *et al.*, 1999). Среднее значение 0,01 принято вследствие совпадения с пересмотренным коэффициентом выбросов для прямых выбросов из управляемых земель (см. таблицу 11.1 выше) и так как признается, что во многих странах существенная часть косвенных выбросов фактически происходит от управляемых земель.

²³ Общее значение для коэффициента выбросов для вымытого азота (EF₅) изменилось с 0,025 до 0,0075 кг N₂O–N / кг вымытого/ содержащегося в стоках азота. Этот коэффициент выбросов включает в себя три компонента: EF_{5g}, EF_{5r} и EF_{5e}, которые представляют собой коэффициенты выбросов для осушения подземных и поверхностных вод, для рек и эстуариев, соответственно. Недавно полученные результаты показывают, что использовавшийся прежде коэффициент выбросов для осушения подземных и поверхностных вод (0,015) оказался слишком высоким и должен быть снижен до 0,0025 кг N₂O–N / кг вымытого минерального азота (в основном нитрата) (Hiscock *et al.*, 2002, 2003; Reay *et al.*, 2004, 2005; Sawamoto *et al.*, 2005). Коэффициент выбросов для рек также снижен с 0,0075 кг N₂O–N / кг азота до того значения, 0,0025 кг N₂O–N / кг азота в воде. Это связано с пониманием того, что хотя для относительно коротких речных систем сообщались еще более низкие значения (порядка 0,0003 – 0,0005), например, Dong *et al.*, (2004) и Clough *et al.*, (2006), существует возможность того, что к более длинным речным системам применимы более высокие значения, чем сообщавшиеся этими авторами. Значение для эстуариев остается на уровне 0,0025 кг N₂O–N / кг N.

сельском хозяйстве. Как правило, трудно получить информацию о фактическом соблюдении законов и возможных достигнутых уменьшениях выбросов, а также информацию об агротехнических приемах. Тем не менее, неопределенности коэффициентов выбросов, по-видимому, доминируют в расчетах; диапазоны неопределенности указаны в вышеприведенной таблице. Более подробные указания по оценке неопределенностей приводятся в главе 3 тома 1.

11.2.3 Полнота, временные ряды, ОК/КК и подготовка отчетности

ПОЛНОТА

Полный охват прямых и косвенных выбросов N₂O из управляемых земель требует оценки выбросов для всех антропогенных поступлений и видов деятельности (F_{SN}, F_{ON}, F_{CR}, F_{PRP}, F_{SOM} и F_{OS}), если они имеют место. Опыт показывает, что ни одна из этих подкатегорий не будет, вероятно, пропущена в кадастрах, хотя у стран могут возникнуть трудности с получением точных статистических данных для всех подкатегорий, в частности, данных о количествах растительных остатков (по типу культуры), которые обычно возвращаются в почвы, и площадях осушаемых/обрабатываемых органических почв.

В настоящее время метод МГЭИК не касается непосредственно видов деятельности, которые могут повлиять на выбросы N₂O, например, использование полимерной пленки или тепличных гидропонных систем. Эти дополнительные виды деятельности могут быть рассмотрены, если это целесообразно и если собираются национальные данные по этим видам деятельности. Некоторые из этих видов деятельности могут быть легко включены в национальные кадастры на основе имеющейся информации. Для дополнительных коммерческих и не коммерческих органических удобрений может быть использован коэффициент выбросов по умолчанию, использованный для внесенного азота. В случае использования полимерной пленки и гидропонных систем на площадях плодовоовощных культур потребуются проведение дальнейшего исследования для вывода данных потока веществ, которые необходимы для получения коэффициентов выбросов.

ФОРМИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА

В идеальном варианте по всему временному ряду используется один и тот же метод. В то же время существует вероятность того, что степень подробности и разукрупнения оценок выбросов из этой категории источников со временем улучшится. В тех случаях, когда отсутствуют некоторые исторические данные, может появиться необходимость вывода этих данных при помощи других исходных данных или наборов данных. Например, может появиться необходимость вывода ежегодных данных для площадей осушенных / обрабатываемых органических почв путем интерполяции на основе более длинного временного ряда с использованием долгосрочных трендов (например, на основе статистических данных десятилетней периодичности за 20- или 30-летний срок). Может также появиться потребность в подготовке на основе заключения экспертов оценок ежегодно включаемых растительных остатков.

Межгодовые изменения в значениях F_{racGASF}, F_{racGASM}, F_{racLEACH}, EF₄ и EF₅ не ожидаются, если не принимаются меры по снижению выбросов. Эти коэффициенты следует изменить лишь при наличии достаточного обоснования и документации. Если в ходе будущих исследований могут появиться обновленные значения по умолчанию для любой из этих переменных, составляющие кадастры учреждения могут произвести пересчет своих исторических данных о выбросах.

Важно, чтобы используемые методы отражали бы результаты принятых мер по снижению выбросов и чтобы эти методы и результаты тщательно документировались. Если осуществляются меры в области политики, которые непосредственно затрагивают данные о деятельности (например, повышенная эффективность применяемого удобрения приводит к снижению его потребления), воздействие мер в области политики на выбросы будет прозрачным при условии, что данные о деятельности тщательно документируются. В тех случаях, когда меры в области политики оказывают косвенное воздействие на данные о деятельности или коэффициенты выбросов (например, изменение практики кормления поголовья скота для повышения продуктивности, которое приводит к изменению экскреции азота в расчете на одну голову), исходные данные кадастров должны отражать это воздействие. Текст кадастра должен подробно объяснять суть воздействия подобной политики на исходные данные.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА/КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА (ОК/КК) КАДАСТРА

На уровне 1 проверки оценок выбросов должны проводиться лицами, подготавливающими кадастр, кроме этого должен проводиться экспертный анализ специалистами, не участвующими в процессе подготовки кадастра. Могут также проводиться дополнительные проверки контроля качества и

процедуры обеспечения качества уровня 2, особенно если для определения прямых и косвенных выбросов N₂O из данной категории источников используются методы более высокого уровня. Общие процедуры ОК/КК, касающиеся обработки данных и их представления в отчетности, следует дополнить рассматриваемыми ниже процедурами по конкретным категориям и источникам. Лица, занимающиеся сбором данных, несут ответственность за обзор методов сбора данных и проверку данных для обеспечения правильности их сбора, обобщения или разбивки по категориям, а также за перекрестную проверку данных с данными за предыдущие годы для обеспечения их обоснованности. Основа для этих оценок, будь-то статистические обследования или "кабинетные" оценки, должна быть проанализирована и описана в рамках деятельности по КК. Документация является исключительно важным компонентом процесса обзора, поскольку она позволяет его авторам выявлять ошибки и предлагать усовершенствования.

Обзор коэффициентов выбросов

Составитель кадастра должен провести обзор коэффициентов выбросов по умолчанию и документировать обоснование для выбора конкретных значений.

В случае использования коэффициентов по конкретным странам составитель кадастра должен сравнивать их с коэффициентами выбросов МГЭИК по умолчанию. Кроме того, по возможности, следует соотнести выбранные коэффициенты выбросов с соответствующими коэффициентами по другим конкретным странам со сравнимыми условиями. Различия между коэффициентами по конкретным странам и коэффициентами по умолчанию или коэффициентами других стран следует объяснять и документировать.

Обзор любых прямых измерений

При использовании коэффициентов, основанных на данных прямых измерений, составитель кадастра должен провести обзор данных измерений для обеспечения того, чтобы они были репрезентативными данными фактического диапазона экологических условий и условий земледелия, и межгодовой изменчивости климата, и были получены в соответствии с признанными стандартами (МАГАТЭ, 1992 г.).

Следует также провести обзор используемого на контрольных участках протокола ОК/КК и сравнить между собой результирующие оценки для отдельных участков, а также сравнить эти результаты с оценками по умолчанию.

Проверка данных о деятельности

Составитель кадастра должен сравнить данные по конкретным странам о расходовании искусственных удобрений с данными применения удобрений из ИФА, а также с оценками расходовании искусственных удобрений из ФАО.

Составитель кадастра должен обеспечить, чтобы данные о выделении азота соответствовали данным, используемым для категории источников, включающей системы уборки, хранения и использования навоза.

Национальные статистические данные о продукции растениеводства следует сравнить с аналогичными данными ФАО.

Составитель кадастра должен обеспечить, чтобы были выполнены процедуры ОК/КК для характеристики поголовья скота, так как эти данные используются также в разделе, касающемся домашнего скота.

Значения по конкретным странам для различных параметров следует сравнить со значениями МГЭИК по умолчанию, и любые существенные различия должны быть объяснены.

Внешний обзор

Составитель кадастра должен провести независимое экспертное рецензирование при первом утверждении или пересмотре метода. Учитывая сложный и уникальный характер параметров, используемых при расчете коэффициентов по конкретным странам для этих категорий, для подобных рецензий следует привлекать работающих на местах специалистов.

ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

Прямые и косвенные выбросы N₂O

Необходимо документировать и архивировать всю информацию, которая требуется для подготовки оценок для национального кадастра выбросов. Информация о прямых и косвенных выбросах N₂O из обрабатываемых почв сообщается в совокупности или в разукрупненном виде по категориям землепользования или другим подкатегориям (например, рисовые поля), входящим в категорию МГЭИК «СХЛХДВЗ». Отчетность должна составляться на том же уровне разукрупнения, что и при расчете выбросов. Помимо заполнения отчетных формуляров для документирования оценки необходима следующая информация:

Данные о деятельности: Источники всех данных о деятельности, использованных в расчетах (т.е. ссылки в полном объеме для статистических баз данных, из которых были собраны данные), а в случае невозможности получения данных о деятельности непосредственно из баз данных - информация и допущения, которые были использованы для вывода данных о деятельности. Эта документация должна включать информацию о частоте сбора и оценке данных, а также оценки точности и прецизионности.

Коэффициенты выбросов: Источники коэффициентов выбросов, которые были использованы (конкретные значения по умолчанию МГЭИК или иные величины). В кадастрах, в которых использовались коэффициенты выбросов по конкретным странам или регионам, или в которых применялись новые методы (отличные от методов по умолчанию МГЭИК), следует полностью описывать и документировать научную основу этих коэффициентов выбросов и методов. Сюда относятся определения входных параметров и описание процесса получения этих коэффициентов выбросов и методов, а также описание источников и величин неопределенностей.

Результаты выбросов: Значительные колебания в выбросах между годами должны быть объяснены. Следует делать различия между изменениями в уровнях деятельности и изменениями в коэффициентах выбросов, улетучивания и вымывания между годами, а также задокументировать причины этих изменений. Если для различных лет используются разные коэффициенты, то следует объяснить и задокументировать причины для таких действий.

11.3 ВЫБРОСЫ CO₂ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ

Известкование используется для снижения кислотности почв и улучшения роста растений в управляемых системах, в частности на сельскохозяйственных землях и в управляемых лесах. Добавление карбонатов к почвам в форме известкового удобрения (например, кальциевый известняк (CaCO₃) или доломит (CaMg(CO₃)₂) приводит к выбросам CO₂ по мере растворения карбонатной извести и образования бикарбоната (2HCO₃⁻), из которого в свою очередь образуются CO₂ и вода (H₂O).

Кадастры могут разрабатываться с использованием подходов уровня 1, 2 или 3; при этом каждый последующий уровень требует более подробных данных и больше ресурсов, чем предыдущий уровень. Если выбросы CO₂ в результате известкования относятся к категории ключевого источника, то *эффективная практика* для стран заключается в использовании более высоких уровней.

11.3.1 Выбор метода

Для того, чтобы помочь составителям кадастров в выборе подходящего уровня, на рисунке 11.4 приводится схема принятия решений.

Уровень 1

Выбросы CO₂ в результате добавок карбонатной извести к почвам могут быть оценены с помощью уравнения 11.12:

УРАВНЕНИЕ 11.12

$$\text{CO}_2\text{-C Выброс} = (M_{\text{Известняк}} \cdot EF_{\text{Известняк}}) + (M_{\text{Доломит}} \cdot EF_{\text{Доломит}})$$

где:

$\text{CO}_2\text{-C Выброс}$ = годовые выбросы углерода от внесения извести в почву, тонны C/год;

M = годовое количество кальциевого известняка (CaCO_3) или доломита ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), тонны/год;

EF = коэффициент выбросов; тонн C/(тонна известняка или доломита).

Процедурные этапы для расчетов

Для оценки выбросов $\text{CO}_2\text{-C}$ в результате известкования применяются следующие этапы:

Этап 1: Оценить общее количество (M) извести, содержащей карбонат, которое ежегодно вносится в почвы страны, делая различие между известняком и доломитом (примечание: M должно включать всю внесенную в почвы известь, даже ту часть, которая вносится в смеси с удобрениями). Обратит внимание на то, что хотя карбонатная известь является доминирующим известковым материалом, используемым в управляемых системах, для известкования почв в ограниченной степени используются оксиды (например, CaO) и гидроксиды извести. Эти вещества не содержат неорганического углерода и не включаются в расчеты для оценки выбросов CO_2 в результате внесения в почвы (CO_2 выделяется в процессе производства этих веществ, а не после внесения в почвы).

Этап 2: Использовать коэффициент общих выбросов (EF), равный 0,12 для известняка и 0,13 для доломита. Эти значения эквивалентны содержанию карбоната углерода в указанных веществах (12% для CaCO_3 и 13% для $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Неопределенность составляет -50% на основании приближений, предполагающих, что выбросы могут составить меньше половины максимального значения, равного текущему значению коэффициента (West and McBride, 2005) (примечание: неопределенности не могут превысить эти значения коэффициентов выбросов, так как они представляют абсолютные максимальные выбросы, связанные с известкованием).

Этап 3: Умножить общие количества известняка и доломита на их соответствующие коэффициенты выбросов и сложить эти два значения для получения суммарных выбросов $\text{CO}_2\text{-C}$.

Умножить на 44/12 для преобразования выбросов $\text{CO}_2\text{-C}$ в CO_2 .

Уровень 2

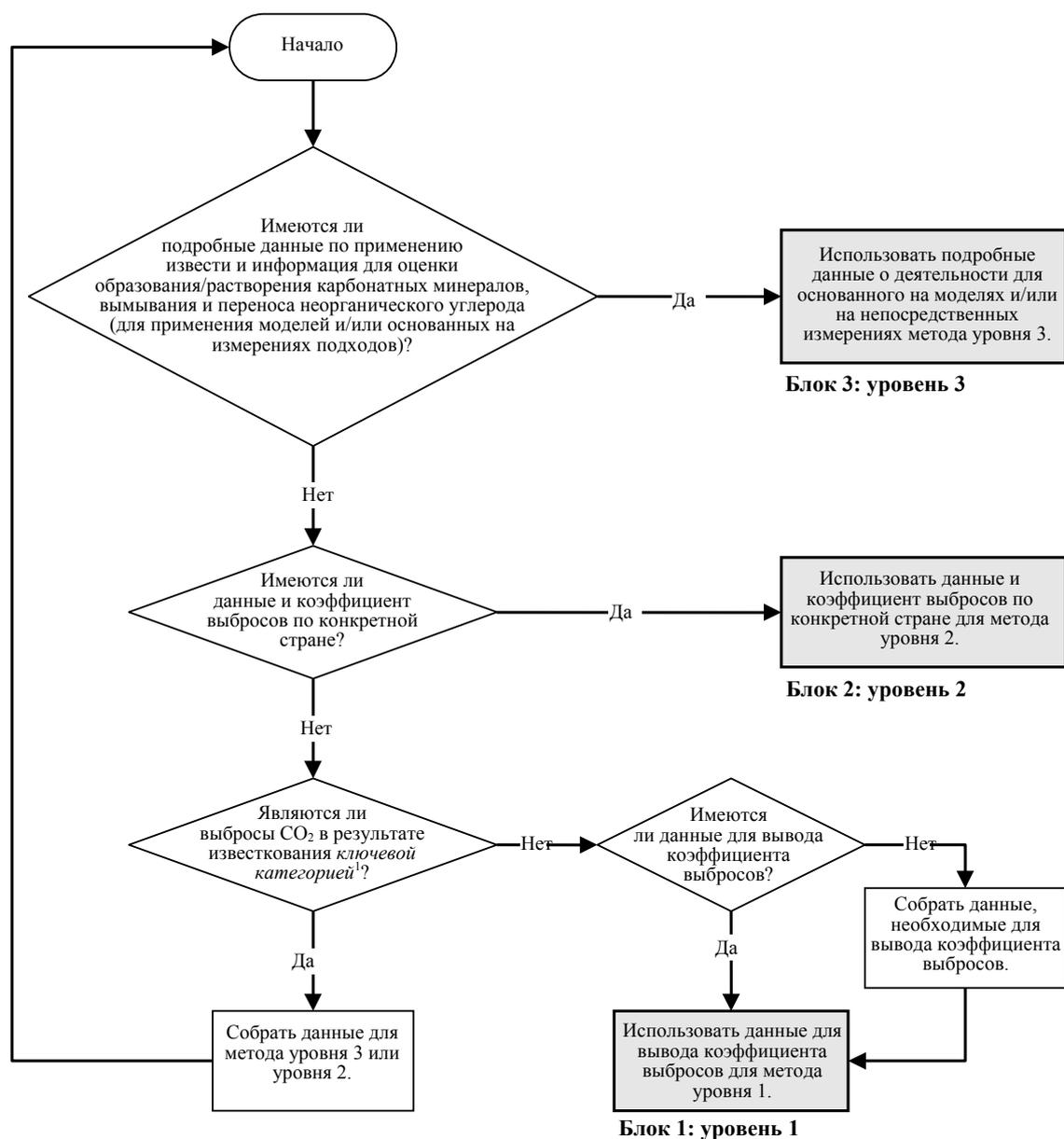
В кадастрах уровня 2 также используются уравнение 11.12 и процедурные этапы, которые предлагались для подхода уровня 1, но дополнительно включаются данные по конкретным странам для получения коэффициентов выбросов (EF).

В целом выбросы CO_2 в результате известкования ожидаются меньшими, чем при использовании подхода уровня 1, который предполагает, что весь углерод внесенной извести высвобождается в виде CO_2 в год внесения. Меньшее количество выбросов при подходе уровня 2 по сравнению с уровнем 1 связано с тем, что количество высвобождаемого после известкования CO_2 зависит от влияния конкретных условий местности и переноса растворенного неорганического углерода по рекам и озерам к океану. Коэффициенты выбросов уровня 2 могут использоваться для лучшей оценки выбросов.

Уровень 3

Методы уровня 3 используют более усовершенствованные модели или процедуры измерений, и процедурные этапы зависят от систем оценки по конкретной стране. Такой анализ потребует моделирования потоков углерода, связанных с образованием и разложением первичных и вторичных карбонатных минералов в почвах, также как вымывания и переноса растворенного неорганического углерода.

Следует отметить, что увеличение в почве содержания неорганического углерода или растворенного неорганического углерода, связанное с известкованием, не означает результирующего изъятия CO_2 из атмосферы. Точнее, карбонатный углерод от известкования, который не возвращается в атмосферу, рассматривается как результирующее снижение выбросов, связанное с этой практикой. Дополнительную информацию см. в главе 2, раздел 2.3.3.1, уровень 3, в части, касающейся почвенного неорганического углерода.

Рисунок 11.4 Схема принятия решений для определения подходящего уровня оценки выбросов CO₂ в результате известкования

Примечание:

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

11.3.2 Выбор коэффициентов выбросов

Уровень 1

Коэффициент выбросов (EF) по умолчанию равен 0,12 для известняка и 0,13 для доломита.

Уровень 2

Вывод коэффициентов выбросов с использованием данных по конкретной стране может потребовать дифференциации источников с различным составом извести; различные карбонатно-известковые вещества (известняк, а также другие источники, такие как отложения мергеля и ракушечника) могут варьироваться по содержанию в них углерода и общей чистоте. Каждому веществу будет соответствовать свой отдельный коэффициент выбросов, основанный на содержании углерода.

Коэффициенты выбросов по конкретной стране могут также учитывать долю карбонатного углерода, которая в результате известкования высвобождается в атмосферу в виде CO₂ (например, West and McBride, 2005). Растворенный в почве неорганический углерод может образовывать вторичные минералы и осажаться с Ca или Mg, которые были добавлены при известковании. Кроме того, растворенный неорганический углерод (бикарбонат) может переноситься с Ca и Mg через почву к глубоко залегающим подземным водам, к озерам и, в конечном итоге, к океану (Robertson and Grace, 2004). В обоих случаях результирующие выбросы CO₂ в атмосферу меньше исходного количества углерода, добавленного в составе извести. При наличии данных и понимании процесса преобразования неорганического углерода помимо наличия информации о переносе с водой Ca, Mg и неорганического углерода могут быть выведены коэффициенты выбросов по конкретной стране.

Эффективная практика заключается в документировании источника информации и метода, используемого для получения значений по конкретной стране, в процессе подготовки отчетности.

Уровень 3

Подходы уровня 3 основываются на ежегодной оценке переменных выбросов, которая зависит от различных характеристик по конкретной местности и ведущих экологических факторов. Никакие коэффициенты выбросов напрямую не оцениваются.

11.3.3 Выбор данных о деятельности

Уровень 1

Для определения ежегодно вносимых в почву количеств карбонатной извести (M) в оптимальном случае должна быть доступна национальная статистика по использованию этого вещества. Эти данные позволяют сделать самые непосредственные выводы о внесенных в почву количествах. В качестве альтернативы могут использоваться данные о годовых продажах карбонатной извести, для того чтобы можно было сделать выводы о вносимых в почву количествах, допуская при этом, что вся известь, продаваемая крестьянам, фермерам, лесоводам и т.д. применяется в том же году. Можно также оценивать вносимые в почву количества карбонатной извести на основании ежегодных данных о доступных количествах этой извести. Доступное количество вычисляется на основании данных о новых поставках за этот год (данные о годовой добыче внутри страны и годовом импорте) за вычетом экспорта и использования в промышленных процессах. При последнем подходе предполагается, что все доступное количество извести вносится в почву в интересующем году.

Статистика по использованию может быть собрана в порядке национальной переписи или хозяйственного учета, тогда как банки и известковая промышленность должны располагать данными о продажах и производстве внутри страны. Учет по импорту/экспорту обычно ведется таможенной или другими подобными правительственными учреждениями. *Эффективная практика* заключается в усреднении данных за три года (текущий год и два самых последних года), если не ведется расчет выбросов на ежегодной основе в отчетных целях.

Уровень 2

В дополнение к данным о деятельности, описываемым для уровня 1, уровень 2 может включать информацию о чистоте карбонатной извести, а также местных особенностях и гидрологических характеристиках для оценки части карбонатного углерода в составе вносимой в почву извести, которая высвобождается в атмосферу.

Уровень 3

Для кадастров уровня 3, основанных на моделях и/или непосредственных измерениях, вероятно, потребуются более подробные, чем для методов уровней 1 и 2, данные о деятельности, но при этом точные требования будут зависеть от используемой модели или схемы измерений.

11.3.4 Оценка неопределенностей

Для выбросов CO₂ в результате известкования существуют два источника неопределенности: 1) неопределенности в количестве внесенной в почвы карбонатной извести и 2) неопределенности в результирующем количестве карбонатного углерода, которое высвобождается в виде CO₂ в результате внесения извести в почву. Неопределенности данных о деятельности зависят от точности статистики внесения в почву, продаж, импорта/экспорта, добычи и/или данных по использованию. Данные по использованию отличаются наименьшей неопределенностью, так как данные по продажам, импорту/экспорту и добыче имеют дополнительные неопределенности, связанные с тем, что на их основании нельзя делать прямых выводов о внесенных в почву количествах. Составители кадастров могут использовать консервативный подход и предполагать, что все доступное для применения или закупленное количество извести вносится в почву. Этот метод может привести к переоценке или недооценке выбросов в отдельные годы, если в эти годы не все количество доступной или закупленной извести вносится в почву. На протяжении длительного срока это отклонение должно быть незначительным, если предполагать отсутствие долгосрочных накоплений извести. В качестве альтернативы составители кадастра могут рассмотреть неопределенности как в количестве доступной для применения извести, так и в количестве извести, внесенной в почву в определенный год кадастра.

Неопределенности в общем количестве добавленного к почвам углерода в результате известкования, которое высвобождается в виде CO₂, зависят от уровня. При использовании метода уровня 1 предполагается, что весь содержащийся в извести углерод высвобождается в атмосферу в виде CO₂. Это консервативный подход и при указанном допущении коэффициенты выбросов по умолчанию считаются точными. Однако на практике некоторая часть углерода в извести остается в почве в виде неорганического углерода и не высвобождается в виде CO₂, по крайней мере, в год внесения. Как следствие, коэффициенты выбросов по умолчанию могут привести к систематическим отклонениям в оценках выбросов.

Эффективная практика, таким образом, заключается в разработке данных коэффициентов выбросов по конкретной стране или современных подходов к оценке с использованием методов уровня 2 или 3, особенно, если известкование является ключевым источником. Хотя подходы более высоких уровней, по-видимому, ограничивают отклонение, возможны дополнительные связанные с этими подходами неопределенности, которые потребуют отдельного рассмотрения. Эти неопределенности могут возникнуть вследствие недостаточности данных по особенностям местности, гидрологии и прочим переменным окружающей среды, которые влияют на перенос и преобразование неорганического углерода в CO₂. Могут быть также неопределенности, связанные с недостаточностью знания о процессах и/или способностью коэффициентов выбросов по конкретной стране или современных систем оценки представлять динамику углерода, добавленного к почвам в составе карбонатной извести.

11.3.5 Полнота, временные ряды, ОК/КК

ПОЛНОТА

Уровень 1

Кадастры уровня 1 являются полными, если выбросы рассчитываются на основе полного учета всего внесенного в почвы известняка и доломита. Статистика по использованию карбонатной извести позволяет сделать самые непосредственные выводы о внесенных в почву количествах этого вещества. Тем не менее, данные о продажах или добыче в сочетании с данными об импорте/экспорте и промышленной переработке дают достаточно информации для оценки внесенного в почву количества извести. Если текущие данные недостаточны в связи с неполными записями, то *эффективная практика* заключается в сборе дополнительных данных для составления будущих отчетов по кадастру, особенно, если выбросы углерода в результате известкования являются категорией ключевого источника.

Уровень 2

Полнота кадастров уровня 2 зависит от адекватности данных о деятельности (см. уровень 1), но также зависит от дополнительных данных по конкретной стране, которые использовались для уточнения коэффициентов выбросов. Сюда может входить доступность данных о чистоте извести и/или местных и гидрологических данных для лучшего определения коэффициентов выбросов, относящихся к количеству высвободившегося CO₂ в расчете на количество добавленного к почвам углерода, содержащегося в карбонатной извести.

Уровень 3

В дополнение к соображениям для уровней 1 и 2 полнота кадастров уровня 3 зависит также от потребности в данных и репрезентативности схемы измерений и/или моделирования. Составители кадастра должны проанализировать свой подход и определить адекватность современной системы

оценки для расчета результирующего высвобождения CO₂ в результате внесения в почву карбонатной извести. При обнаружении пробелов или ограничений *эффективная практика* заключается в сборе дополнительных данных таким образом, чтобы динамика карбонатов, вносимых при известковании, полностью учитывалась бы методом уровня 3.

СОГЛАСОВАННОСТЬ ВРЕМЕННОГО РЯДА

Уровень 1

Для обеспечения согласованности по всему временному ряду должны применяться одни и те же данные о деятельности и коэффициентов выбросов. На уровне 1 используются коэффициенты выбросов по умолчанию, и, таким образом, согласованность не является проблемой для этого компонента. Тем не менее, если собираются новые данные, то базис данных о деятельности может измениться, например, статистическое обследование со сбором информации по внесению в почвы по сравнению с прежними данными о деятельности, которые основывались строго на информации по добыче и импорту/экспорту. Хотя *эффективная практика* заключается в использовании одних и тех же протоколов данных и процедур по всему временному ряду, в некоторых случаях это может оказаться невозможным, и составители кадастра должны определить влияние изменения источников данных на тренды. Указания по перерасчету для этих условий представлены в главе 5 тома 1.

Уровень 2

Для кадастров уровня 2 важна согласованность в записях данных о деятельности по всему временному ряду (см. уровень 1). Кроме того, разработанные на основе данных по конкретной стране новые коэффициенты также должны применяться по всему временному ряду. В редких случаях, когда это невозможно, составители кадастра должны определить влияние изменения коэффициентов выбросов на тренды; дополнительные указания по перерасчету для этих условий можно найти в главе 5 тома 1.

Уровень 3

Аналогично уровню 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 основанную на моделях систему по всему периоду кадастра.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА/КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Уровень 1

Эффективная практика заключается во внедрении систем обеспечения качества / контроля качества с внутренним и независимым рецензированием данных и результатов кадастра так, чтобы обеспечить надлежащим образом: 1) обработку данных о деятельности для оценки внесенных в почвы количеств; 2) внесение данных о деятельности в рабочие формуляры или счетную программу кадастра; и 3) определение коэффициентов выбросов.

Внутренние обзоры должны выполняться составителем(ями) кадастра и могут включать в себя визуальную проверку, а также встроенные программные функции для проверки ввода данных и результатов. Независимые обзоры выполняются другими учреждениями, экспертами или группами, которые не участвуют напрямую в составлении кадастра. Эти обзоры должны рассматривать обоснованность принятого в кадастре подхода, тщательность в составлении документации кадастра, объяснения методов и общую прозрачность.

Уровень 2

Для кадастров уровня 2 в дополнение к принимаемым на уровне 1 мерам по обеспечению качества / контролю качества составитель кадастра должен проанализировать коэффициенты выбросов по конкретной стране. В случае использования коэффициентов, основанных на непосредственных измерениях, составитель кадастра должен провести обзор измерений с тем, чтобы быть уверенным, что они являются репрезентативными для реального диапазона экологических условий. *Эффективная практика* заключается (при возможности) в сравнении коэффициентов по конкретной стране с коэффициентами выбросов уровня 2, используемыми другими странами со сравнимыми условиями, в дополнение к значениям по умолчанию МГЭИК. Учитывая сложность преобразования неорганического углерода, необходимо привлекать к процессу рецензирования специалистов в данной области для обеспечения независимого критического отзыва в отношении коэффициентов выбросов.

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 современных систем оценки по конкретным странам, в архивировании отчетов и во включении сводки результатов в отчетную документацию.

ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

Уровень 1

На уровне 1 составители кадастров должны документировать тенденции и неопределенности в отношении внесения карбонатной извести в почвы и связывать эту информацию с тенденциями выбросов CO₂. Значительные колебания в годовых выбросах по временному ряду должны быть объяснены.

Эффективная практика заключается в архивировании реальных баз данных, таких как отчеты о добыче или статистические данные по использованию, полученные на основании обследований, а также процедур, используемых для обработки данных (например, статистические программы). Рабочие формуляры или программное обеспечение кадастров, которые были использованы для оценки выбросов, должны быть заархивированы наряду 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.

Уровень 2

В дополнение к соображениям по уровню 1 составители кадастров должны задокументировать исходную основу для выбора коэффициентов выбросов по конкретной стране, а также заархивировать источники метаданных и данных, использованные для оценки значений по конкретной стране. Отчетная документация должна включать новые коэффициенты (т.е. средние значения и неопределенности), и *эффективная практика* заключается во включении в отчет по кадастру обсуждения о различиях между этими значениями и коэффициентами по умолчанию или коэффициентами по конкретной стране из регионов со схожими с отчетной страной условиями.

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

Уровень 3

Для кадастров 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 систем оценки по конкретной стране. В случае кадастров, основанных на измерениях, *эффективная практика* заключается в документировании схемы выборки, лабораторных процедур и методов анализа данных. Данные измерений должны быть заархивированы наряду с результатами анализа данных. Для использующих моделирование 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.

11.4 ВЫБРОСЫ CO₂ В РЕЗУЛЬТАТЕ УДОБРЕНИЯ МОЧЕВИНОЙ

Добавление к почвам мочевины во время их удобрения ведет к потерям CO₂, который был зафиксирован в процессе промышленного производства. Мочевина (CO(NH₂)₂) в присутствии воды и уреазных ферментов превращается в аммоний (NH₄⁺), гидроксильный ион (OH⁻) и бикарбонат (HCO₃⁻). Подобно происходящему в почвенной реакции после добавления извести образующийся бикарбонат превращается в CO₂ и воду. Эта категория источников включена вследствие того, что удаление CO₂ из атмосферы в процессе производства мочевины учитывается в секторе промышленных процессов и использования продуктов (сектор ППИП).

Кадастры могут разрабатываться с использованием подходов уровня 1, 2 или 3; при этом каждый последующий уровень требует более подробных данных и больше ресурсов, чем предыдущий уровень. Если выбросы CO₂ в результате внесения в почву мочевины являются ключевой категорией, то *эффективная практика* для стран заключается в использовании более высоких уровней.

11.4.1 Выбор метода

Для того, чтобы помочь составителям кадастров в выборе подходящего уровня, на рисунке 11.5 приводится схема принятия решений.

Уровень 1

Выбросы CO₂ в результате удобрения мочевиной могут быть оценены с помощью уравнения 11.13:

<p>УРАВНЕНИЕ 11.13</p> <p>ГОДОВЫЕ ВЫБРОСЫ CO₂ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНЕСЕНИЯ МОЧЕВИНЫ В ПОЧВУ</p> $CO_2\text{-C Выброс} = M \cdot EF$

где:

CO₂-C Выброс = годовые выбросы углерода от внесения мочевины в почву, тонны C/год,

M = годовое количество используемой в качестве удобрения мочевины, тонны мочевины/год,

EF = коэффициент выбросов; тонн C/(тонна мочевины).

Процедурные этапы для расчетов

Для оценки выбросов CO₂-C в результате внесения мочевины в почву применяются следующие этапы:

Этап 1: Оценить общее количество мочевины, вносимой ежегодно в почву рассматриваемой страны (M).

Этап 2: Применить общий коэффициент выбросов (EF), равный 0,20 для мочевины, эквивалентный содержанию углерода в мочеине на основе атомной массы (20% для CO(NH₂)₂). Здесь для неопределенности может быть применено значение по умолчанию -50% (примечание: неопределенности не могут превышать коэффициента выбросов по умолчанию, так как это значение представляет абсолютные максимальные выбросы, связанные с удобрением мочевиной).

Этап 3: Оценить суммарные выбросы CO₂-C, основанные на произведении количества внесенной мочевины в почву и коэффициента выбросов.

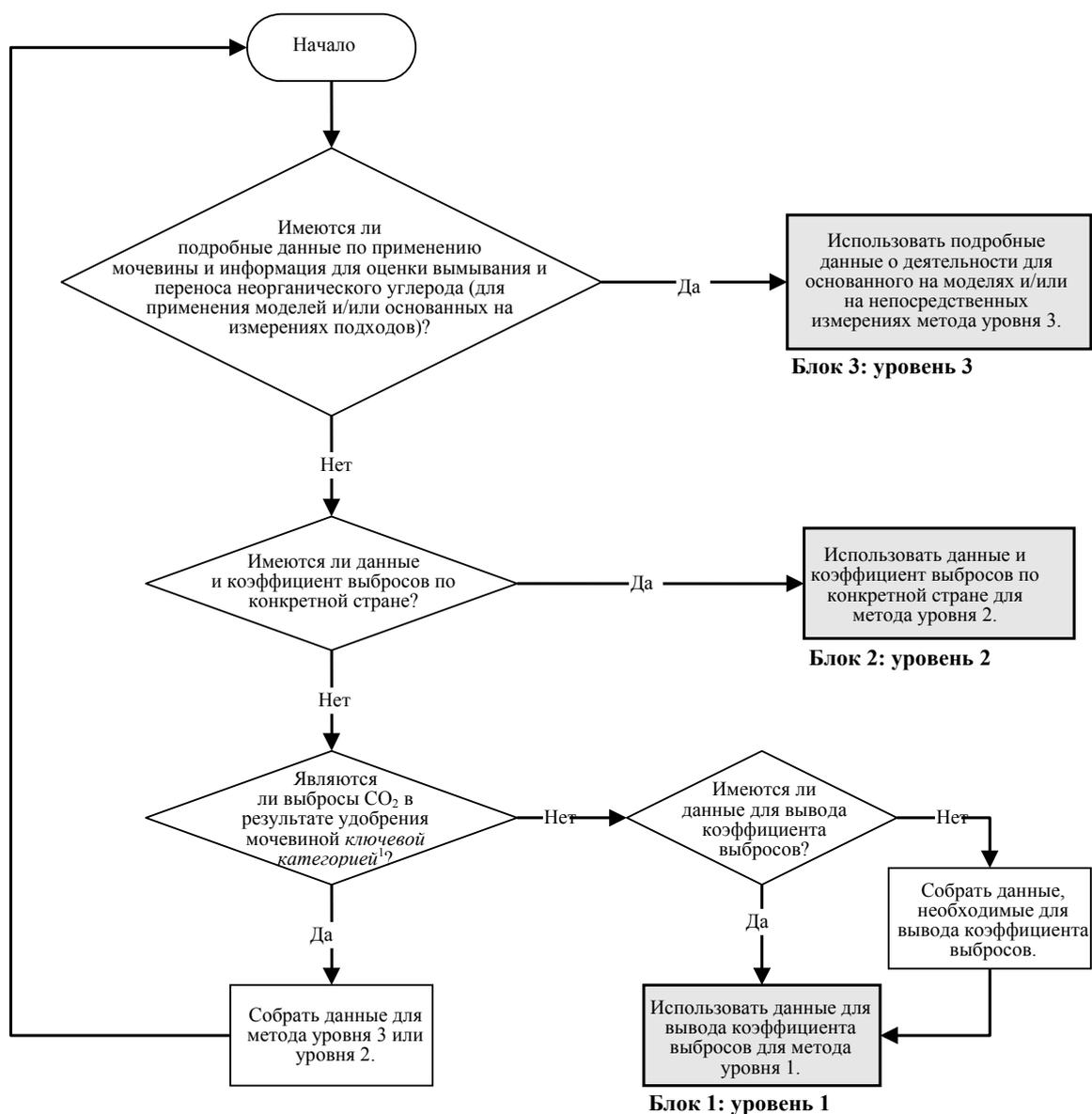
Умножить на 44/12 для перевода выбросов CO₂-C в CO₂. Мочевина часто вносится в почву в сочетании с другими азотными удобрениями, в частности, в растворах, и в этом случае необходимо оценить долю мочевины в растворе удобрения для определения M. Если эта доля неизвестна, то *эффективная практика* заключается в допущении, что весь раствор приготовлен из одной мочевины и в исключении потенциальной недооценки выбросов для этой подкатегории.

Уровень 2

В кадастрах уровня 2 также используется уравнение 11.13 и процедурные этапы, которые были представлены в подходе уровня 1, но включается информация по конкретной стране для оценки коэффициентов выбросов.

Уровень 3

Выбросы CO₂ в результате внесения мочевины в почву могут оцениваться с использованием более подробных моделей или измерений, учитывающих возможность вымывания бикарбоната в глубоко залегающие подземные воды и/или озера и океаны; в этом случае бикарбонаты не дают вклада (по крайней мере, немедленного) в выбросы CO₂. Следует отметить, что увеличения в почве содержания неорганического углерода в результате удобрения мочевиной не означают результирующего изъятия CO₂ из атмосферы. Изъятия оцениваются в секторе ПШИП (том 3), и расчеты для почв дают только оценки для количества выбросов, связанных с этой практикой. Дополнительную информацию см. в главе 2, раздел 2.3.3, уровень 3, в части, касающейся почвенного неорганического углерода.

Рисунок 11.5 Схема принятия решений для определения подходящего уровня оценки выбросов CO₂ в результате удобрения мочевиной

Примечание:

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

11.4.2 Выбор коэффициента выбросов

Уровень 1

Коэффициент выбросов по умолчанию (EF) составляет 0,20 для выбросов углерода в результате внесения мочевины в почву.

Уровень 2

Также, как и в случае с карбонатной известью, весь углерод мочевины не может высвободиться в год внесения в почву. При наличии данных и понимания процесса преобразования неорганического углерода могут быть выведены коэффициенты выбросов по конкретной стране. *Эффективная практика* заключается в документировании источника информации и метода, использованного для получения значений по конкретной стране, в качестве составной части процесса составления отчетности.

Уровень 3

Подходы уровня 3 основываются на ежегодной оценке переменных выбросов, которая зависит от различных характеристик по конкретной местности и ведущих экологических факторов. Никакие коэффициенты выбросов напрямую не оцениваются.

11.4.3 Выбор данных о деятельности

Уровень 1

Для получения примерной оценки ежегодного количества вносимой в почву мочевины (M) могут использоваться данные производства мочевины внутри страны и ее импорта/экспорта. Можно принять допущение, что все ежегодно производимое и импортируемое количество мочевины удобрения за вычетом годового экспорта вносится в почву. Тем не менее, для уточнения расчета могут использоваться дополнительные данные по продажам и/или использованию мочевины вместо допущения, что все доступное в определенный год количество мочевины немедленно вносится в почву. Независимо от подхода оценки по годовому внесению мочевины удобрения должны быть совместимыми с данными выбросов CO₂ в результате применения мочевины и выбросов N₂O из почв.

Статистика по использованию может быть собрана в порядке национальной переписи или хозяйственного учета, тогда как банки и промышленность по производству удобрений должны располагать данными о продажах и производстве внутри страны. Учет по импорту/экспорту обычно ведется таможенной или другими подобными правительственными учреждениями. *Эффективная практика* заключается в усреднении данных за три года (текущий год и два самых последних года), если не ведется расчет выбросов на ежегодной основе в отчетных целях.

Уровень 2

В дополнение к данным о деятельности, описанным для уровня 1, уровень 2 может включать дополнительную информацию о местных особенностях и гидрологических характеристиках которая использовалась для оценки части углерода в составе мочевины, которая высвобождается в атмосферу.

Уровень 3

Для применения кадастра уровня 3, основанного на динамических моделях и/или непосредственных измерениях, вероятно, потребуются более подробные, чем для методов уровней 1 и 2, данные о деятельности, но при этом точные требования будут зависеть от используемой модели или схемы измерений.

11.4.4 Оценка неопределенностей

Для выбросов CO₂ от мочевины существуют два источника неопределенности: 1) неопределенности в количестве внесенной в почвы мочевины и 2) неопределенности в результирующем количестве углерода мочевины, который высвобождается в виде CO₂. Неопределенности данных о деятельности зависят от точности данных о производстве, продажах, импорте/экспорте и/или использовании. Данные по использованию и продажам, по-видимому, имеют наименьшую неопределенность; данные по импорту/экспорту и производству имеют дополнительные неопределенности в связи с предположениями о применении. Составители кадастров могут использовать консервативный подход и предположить, что все доступное для применения или закупленное количество мочевины вносится в почву. Этот метод может привести к переоценкам или недооценкам в отдельные годы, если в эти годы не все количество доступной или закупленной мочевины вносится в почву. На протяжении более длительного срока это отклонение должно быть незначительным, если предполагать отсутствие долгосрочных накоплений мочевины удобрения. В качестве альтернативы составители кадастра могут рассмотреть

неопределенности как в количестве доступной для применения мочевины, так и в количестве мочевины, внесенной в почву в определенный год кадастра.

Неопределенности в общем количестве добавленного к почвам углерода вместе с мочевиной, который высвобождается в виде CO₂, зависит от уровня. При использовании метода уровня 1 предполагается, что весь содержащийся в мочеvine углерод теряется в виде CO₂ из атмосферы. Это консервативный подход и коэффициенты выбросов по умолчанию считаются точными (при указанном допущении). Однако на практике некоторая часть углерода мочевины может остаться в почве в виде неорганического углерода и не высвободиться в виде CO₂, по крайней мере, в год внесения. Как следствие, коэффициенты выбросов по умолчанию могут привести к систематическим отклонениям в оценках выбросов.

Эффективная практика, таким образом, заключается в разработке данных коэффициентов выбросов по конкретной стране или современных подходов к оценке с использованием методов уровня 2 или 3, соответственно, особенно, если углерод мочевины является ключевым источником. Хотя подходы более высоких уровней, по-видимому, ограничивают отклонение, существуют дополнительные неопределенности, которые потребуют отдельного рассмотрения. Эти неопределенности могут возникнуть вследствие недостаточности данных по особенностям местности, гидрологии и прочим переменным окружающей среды, которые влияют на перенос и преобразование неорганического углерода в CO₂. Могут быть также неопределенности, связанные с недостаточностью знания о процессах и/или способностью коэффициентов выбросов по конкретной стране или систем оценки представлять динамику углерода мочевины.

11.4.5 Полнота, согласованность временного ряда, ОК/КК

ПОЛНОТА

Уровень 1

Кадастры уровня 1 являются полными, если выбросы рассчитываются на основе полного учета всей внесенной в почвы мочевины. Статистика по использованию или продажам мочевины позволяет сделать самые непосредственные выводы о внесенных в почву количествах, в то же время данные о производстве и импорте/экспорте достаточны для приближенной оценки внесенного в почву количества мочевины. Если текущие данные недостаточны в связи с неполными записями, то *эффективная практика* заключается в сборе дополнительных данных для составления будущих отчетов по кадастру, особенно, если выбросы углерода мочевины являются категорией ключевого источника.

Уровень 2

Полнота кадастров уровня 2 зависит от адекватности данных о деятельности (см. уровень 1), но также зависит от дополнительных данных по конкретной стране, которые использовались для уточнения коэффициентов выбросов. Сюда может входить доступность местных и гидрологических данных, которые используются для лучшего определения коэффициентов выбросов, относящихся к количеству высвободившегося CO₂ в расчете на количество добавленного к почвам углерода мочевины.

Уровень 3

В дополнение к соображениям для уровней 1 и 2 полнота кадастров уровня 3 зависит также от потребности в данных и репрезентативности схемы измерений и/или моделирования. Составители кадастра должны проанализировать свой подход и определить адекватность современной системы оценки для расчета результирующего высвобождения CO₂ от внесенной в почву мочевины. При обнаружении пробелов или ограничений *эффективная практика* заключается в сборе дополнительных данных таким образом, чтобы динамика углерода мочевины полностью учитывалась бы методом уровня 3.

СОГЛАСОВАННОСТЬ ВРЕМЕННОГО РЯДА

Уровень 1

Для обеспечения согласованности по всему временному ряду должны применяться одни и те же данные о деятельности и коэффициентов выбросов. На уровне 1 используются коэффициенты выбросов по умолчанию, и, таким образом, согласованность не является проблемой для этого компонента. Тем не менее, если собираются новые данные, то базис данных о деятельности может измениться, например, статистическое обследование со сбором информации о внесении мочевины в почвы по сравнению с прежними данными о деятельности, которые основывались строго на информации о производстве внутри страны и импорте/экспорте. Хотя *эффективная практика* заключается в использовании одних и тех же протоколов данных и процедур по всему временному ряду, в некоторых случаях это может

оказаться невозможным, и составители кадастра должны определить влияние изменения источников данных на тренды. Указания по перерасчету для этих условий представлены в главе 5 тома 1.

Уровень 2

Для кадастров уровня 2 важна согласованность в записях данных о деятельности по всему временному ряду (см. уровень 1). Кроме того, разработанные на основе данных по конкретной стране новые коэффициенты должны применяться по всему временному ряду. В редких случаях, когда это невозможно, составители кадастра должны определить влияние изменения коэффициентов выбросов на тренды; дополнительные указания по перерасчету для этих условий можно найти в главе 5 тома 1.

Уровень 3

Аналогично уровню 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 основанную на моделях систему по всему периоду кадастра.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА/КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Уровень 1

Эффективная практика заключается во внедрении систем обеспечения качества / контроля качества с внутренним и независимым рецензированием данных и результатов кадастра так, чтобы обеспечить надлежащим образом: 1) обработку данных о деятельности для оценки внесенных в почвы количеств; 2) внесение данных о деятельности в рабочие формуляры или счетную программу кадастра; и 3) определение коэффициентов выбросов.

Внутренние обзоры должны выполняться составителем(ями) кадастра и могут включать в себя визуальную проверку, а также встроенные программные функции для проверки ввода данных и результатов. Независимые обзоры выполняются другими учреждениями, экспертами или группами, которые не участвуют напрямую в составлении кадастра. Эти обзоры должны рассматривать обоснованность принятого в кадастре подхода, тщательность в составлении документации кадастра, объяснения методов и общую прозрачность.

Уровень 2

Для кадастров уровня 2 в дополнение к принимаемым на уровне 1 мерам по обеспечению качества / контролю качества составитель кадастра должен проанализировать коэффициенты выбросов по конкретной стране. В случае использования коэффициентов, основанных на непосредственных измерениях, составитель кадастра должен провести обзор измерений с тем, чтобы быть уверенным, что они являются репрезентативными для реального диапазона экологических условий. *Эффективная практика* заключается (при возможности) в сравнении коэффициентов по конкретной стране с коэффициентами выбросов уровня 2, используемыми другими странами со сравнимыми условиями, в дополнение к значениям по умолчанию МГЭИК. Учитывая сложность преобразований неорганического углерода, необходимо привлекать к процессу рецензирования специалистов в данной области для обеспечения независимого критического отзыва в отношении коэффициентов выбросов.

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 современных систем оценки по конкретным странам, в архивировании отчетов и во включении сводки результатов в отчетную документацию.

ОТЧЕТНОСТЬ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

Уровень 1

На уровне 1 составители кадастров должны документировать тенденции и неопределенности в отношении внесения мочевины в почвы и связывать эту информацию с тенденциями выбросов CO₂. Значительные колебания в годовых выбросах по временному ряду должны быть объяснены.

Эффективная практика заключается в архивировании баз данных, таких как отчеты о производстве внутри страны, импорте/экспорте или статистические данные по использованию, полученные на основании обследований, а также процедур, используемых для обработки данных (например, статистические программы). Рабочие формуляры или программное обеспечение кадастров, которые были использованы для оценки выбросов, должны быть заархивированы наряду 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.

Уровень 2

В дополнение к соображениям по уровню 1 составители кадастров должны задокументировать исходную основу для выбора коэффициентов выбросов по конкретной стране, а также заархивировать источники метаданных и данных, использованные для оценки значений по конкретной стране. Отчетная документация должна включать новые коэффициенты (т.е. средние значения и неопределенности), и *эффективная практика* заключается во включении в отчет по кадастру обсуждения о различиях между коэффициентами по конкретной стране и значениями по умолчанию или коэффициентами по конкретной стране из регионов со схожими с отчетной страной условиями.

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

Уровень 3

Для кадастров 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 систем 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 моделирование 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.

Приложение 11А.1 Ссылки для данных о растительных остатках в таблице 11.2

I. Доля сухого вещества в собранном урожае

Lander, C.H., Moffitt, D., and Alt, K. (1998). Nutrients available from livestock manure relative to crop growth requirements. Resource Assessment and Strategic Planning Working paper 98-1. USDA Natural Resource Conservation Service. <http://www.nhq.nrcs.usda.gov/land/pubs/>.

II. Сухое вещество надземного остатка

1. Кукуруза

Ames, J.W., and Simon, R.H. (1924). Soil potassium as affected by fertilizer treatment and cropping. Bulletin 379. Ohio Agricultural Experiment Station, Wooster, Ohio.

Anonymous (1924). Forty-third annual report for 1923-24. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 382. Wooster, OH.

Anonymous (1926). Forty-fourth annual report for 1924-25. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 392. Wooster, OH.

Bustillo, J. J. and Gallaher, R.N. (1989). Dry matter Partitioning in No-tillage Tropical Corn in Florida. p.40-42. In I. D. Teare, E. Brown, and C.A. Trimble (ed.) 1989 Southern Conservation Tillage Conference. SB 89-1. Tallahassee, FL. 12-13 July, 1989. Univ. of Fla., North Fla. Res. and Educ. Ctr., Quincy, FL 32351.

Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.

Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, **28**: 361-405.

Fisher, K.S. and Palmer, A.F.E. (1983). Maize. In: Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments. International Rice Research Institute, Manila, Philippines.

Graybill, J.S., Cox, W.J. and Otis, D.J. (1991). Yield and quality of forage maize as influenced by hybrid, planting date, and plant density. *Agronomy Journal*, **83**: 559-564.

Hutcheson, T.B., Hodgson, E.R., and Wolfe, T.K. (1917). Corn culture. Virginia Agricultural Experiment Station Bull. 214. Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, VA.

Jones, J.N. Jr., Moody, J.E., and Lillard, J.H. (1969). Effects of tillage, no tillage, and mulch on soil water and plant growth. *Agron. J.* **61**:719-721.

Jones Jr., J.N., Moody, J.E., Shear, G.M., Moschler, W.W. and Lillard, J.H. (1968). The no-tillage system for corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.* **60**:17-20.

Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J (1930). A field test of different sources of phosphorous. *School of Agriculture and Experiment Station Bull.* 252. Pennsylvania State College

Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1931). Fiftieth anniversary of the General Fertilizer Tests 1881-1931. *School of Agriculture and Experiment Station Bull.* 264. Pennsylvania State College.

Ockerby, S.E. and Fukai, S. (2001). The management of rice grown on raised beds with continuous furrow irrigation. *Field Crops Res.* **69**:215-226.

Peters, S.E., Wander, M.M., Saporito, L.S., Harris, G.H. and Friedman, D.B. (1997). Management impacts on SOM and related soil properties in a long-term farming systems trial in Pennsylvania: 1981-1991. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul. K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Peterson, G.A. and Westfall, D.G. (1997). Management of dryland agroecosystems in the Central Great Plains of Colorado. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul. K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Peterson, G.A., Westfall, D.G. and Wood, W. (1989). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB89-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Poss, D., Larson, K. and Thompson, D.L. (1997). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB97-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1992). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB92-2. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1991). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB91-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppet, B. (1994). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB94-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppet, B. (1993). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB93-4. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Poss, D. (1996). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB96-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Poss, D. (1995). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB95-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Wood, W. and Ross, S. (1988). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin LTB88-6. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., McGee, E., Westfall, D.G., Wood, C.W. and Sherrod, L. (1990). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB90-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- 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. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Russell, W.A. (1991). Genetic improvement of maize yields. *Advances in Agronomy* **46**:245-298.
- Sewell, M.C. and Call, L.E. (1925). Tillage investigations relating to wheat production. Tech. Bull. 18. Agricultural Experiment Station. Kansas State Agricultural College.
- Shear, G.M. and Moschler, W.W. (1969). Continuous corn by the no-tillage and conventional tillage methods: A six-year comparison. *Agron. J.* **61**:524-526.
- Tapper, D.C. (1983). Changes in physiological traits associated with grain yield improvement in single-cross maize hybrids from 1930 to 1970. Ph.D. Dissertation. Agronomy Department, Iowa State University, Ames, IA.
- Thorne, C.E. (1924). The maintenance of soil fertility. Bulletin 381. Ohio Agricultural Experiment Station.
- Throckmorton, R.I. and Duley, F.L. (1935). Twenty years of soil fertility investigations. Kansas. Agricultural Experiment Station Tech. Bull. 40. Kansas State College of Agriculture and Applied Science. Manhattan, KS.
- 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. In Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Wianco, A.T. and Jones, S.C. (1918). The value of manure on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 222. Lafayette, IN.
- Wianco, A.T., Conner, S.D. and Jones, S.C. (1919). The value of legumes on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 226. Lafayette, IN.
- 2. Озимая пшеница**
- Austin, R.B., Bingham, J., Blackwell, R.D., Evans, L.T., Ford, M.A., Morgan, C.L. and Taylor, M. (1980). Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci., Camb.* **94**:675-689.
- Barracough, P.B. and Leigh, R.A. (1984). The growth and activity of winter wheat roots in the field: the effect of sowing date and soil type on root growth of high yielding crops. *J. Agric. Sci., Camb.* **103**:59-74.
- Black, A.L. and Tanaka, D.L. (1997). A conservation tillage-cropping systems study in the Northern Great Plains of the United States. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Bolinder, M.A., Angers, D.A. and Dubuc, J.P. (1997). Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:61-67.

- Bruce, R.R. and Langdale, G.W. (1997). Soil carbon level dependence upon crop culture variables in a thermic-udic region. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Bruckner, P.L. and Morey, D.D. (1988). Nitrogen effects on soft red winter wheat yield, agronomic characteristics, and quality. *Crop Sci.* **28**:152-157.
- Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.
- Cox, T.S., Shroyer, J.P., Liu, B.-H., Sears, R.G. and Martin, T.J. (1988). Genetic improvements in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1987. *Crop Science* **28**:756-760.
- Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, **28**: 361-405.
- Eck, H.V. (1986). Profile modification and irrigation effects on yield and water use of wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **50**:724-729.
- Entz, M.H. and Fowler, D.B. (1991). Agronomic performance of winter versus spring wheat. *Agron. J.* **83**:527-532.
- Gent, M.P.N. and Kiyomoto, R.K. (1989). Assimilation and distribution of photosynthate in winter wheat cultivars differing in harvest index. *Crop Sci.* **29**:120-125.
- 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. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Ishaq, M., Ibrahim, M. and Lal, R. (2001). Tillage effect on nutrient uptake by wheat and cotton as influenced by fertilizer rate. *Soil and Tillage Res.* **62**:41-53.
- Jensen, M.E. and Sletten, W.H. (1965). Evapotranspiration and soil moisture-fertilizer interrelations with irrigated winter wheat in the Southern High Plains. USDA Agricultural Research Service. Conservation Research Report No. 4.
- Jones, O.R., Stewart, B.A. and Unger, P.W. (1997). Management of dry-farmed Southern Great Plains soils for sustained productivity. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Lafever, H.N. (1976). Ohio performance trials of soft red winter wheats including 1976 results. Agronomy Dept. Series 203. Ohio Agricultural Research and Development Center. Wooster, OH.
- Lyon, D.J., Monz, C.A., Brown, R.E. and Metherell, A.K. (1997). Soil organic matter changes over two decades of winter wheat – fallow cropping in western Nebraska. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Miller, C.M. (1939). A physiological study of the winter wheat plant at different stages of its development. Tech. Bull. 47. Agricultural Experiment Station. Kansas State College of Agriculture and Applied Science.
- Musick, J.T. and Dusek, D.A. (1980). Planting date and water deficit effects on development and yield of irrigated winter wheat. *Agron. J.* **72**: 45-52.
- Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1931). Fiftieth anniversary of the General Fertilizer Tests 1881-1931. Pennsylvania State College School of Agriculture and Experiment Station Bull. 264.
- Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1930). A field test of different sources of phosphorous. Pennsylvania State College School of Agriculture and Experiment Station Bull. 252.
- Peterson, G.A. and Westfall, D.G. (1997). Management of dryland agroecosystems in the Central Great Plains of Colorado. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G. and Wood, W. (1989). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB89-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Poss, D., Larson, K. and Thompson, D.L. (1997). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB97-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1992). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB92-2. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1991). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB91-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppe, B. (1994). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB94-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppe, B. (1993). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB93-4. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Poss, D. (1996). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB96-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Poss, D. (1995). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB95-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Wood, W. and Ross, S. (1988). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin LTB88-6. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., McGee, E., Westfall, D.G., Wood, C.W. and Sherrod, L. (1990). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB90-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Rao, S.C., Coleman, S.W. and Volesky, J.D. (2000). Yield and quality of wheat, triticale, and elytricum forage in the Southern Plains. *Crop Sci.* **40**:1308-1312.
- Rasmussen, P.E. and Parton, W.J. (1994). Long-term effects of residue management in wheat-fallow: I. Inputs, yield, and soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **58**:523-530.
- Rasmussen, P.E., Smiley, R.W. and Albrecht, S.L. (1996). Long-term residue management experiment: Pendleton, Oregon, USA. IN: Evaluation of Soil Organic Matter Models Using Existing Long-term Datasets. D. S. Powlson, P. Smith, and J. U. Smith (eds.). Springer-Verlag, Germany.
- Sewell, M.C. and Call, L.E. (1925). Tillage investigations relating to wheat production. Tech. Bull. 18.
- Sharma, R.C. and Smith, E.L. (1986). Selection for high and low harvest index in three winter wheat populations. *Crop Sci.* **26**:1147-1150.
- Siddique, K.H.M., Belford, R.K., Perry, M.W. and Tennant, D. (1989). Growth, development and light interception of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean-type environment. *Aust. J. Agric. Res.* **40**:473-487.
- Singh, I.D. and Stoskopf, N.C. (1971). Harvest index in cereals. *Agron. J.* **63**:224-226.
- Skidmore, E.L. and Siddoway, F.H. (1978). Crop residue requirements to control wind erosion. Chapter 2 in Crop Residue Management Systems. *Am. Soc. Agron. Spec. Pub. No. 31*.
- Ten Eyck, A. M. and Shoesmith, V. M. (1907). Small grain crops. Agricultural Experiment Station Bulletin 144. Kansas State Agricultural College. Manhattan, KS.
- Thorne, C.E. (1924). The maintenance of soil fertility. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 381.
- Throckmorton, R.I. and Duley, F.L. (1935). Twenty years of soil fertility investigations. Kansas. Agricultural Experiment Station Tech. Bull. 40. Kansas State College of Agriculture and Applied Science. Manhattan, KS.
- Unger, P.W. (1977). Tillage effects on winter wheat production where the irrigated and dryland crops are alternated. *Agronomy Journal*, **69**: 944 – 950.
- Weir, A.H. and Barraclough, P.B. (1986). The effect of drought on the root growth of winter wheat and on its uptake from deep loam. *Soil Use And Management* **2**:91-96.
- Wianco, A.T. and Jones, S.C. (1918). The value of manure on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 222. Lafayette, IN.
- Wianco, A.T., Conner, S.D. and Jones, S.C. (1919). The value of legumes on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 226. Lafayette, IN.
- 3. Яровая пшеница**
- Bauer, A. and Zubriski, J.C. (1978). Hard red spring wheat straw yields in relation to grain yields. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **42**:777-781.
- Black, A.L. and Tanaka, D.L. (1997). A conservation tillage-cropping systems study in the Northern Great Plains of the United States. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

- Campbell, C.A. and Zentner, R.P. (1993). Soil organic matter as influenced by crop rotations and fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **57**:1034-1040.
- Campbell, C.A., Davidson, H.R. and Warder, F.G. (1977). Effects of fertilizer N and soil moisture on yield, yield components, protein content and N accumulation in the above-ground parts of spring wheat. *Can. J. Soil Sci.* **57**:311-327.
- Cassman, K.G., Bryant, D.C., Fulton, A.E. and Jackson, L.F. (1992). Crop ecology, production and management. *Crop Sci.* **32**:1251-1258.
- Hucl, P. and Baker, R.J. (1987). A study of ancestral and modern Canadian spring wheats. *Can. J. Plant Sci.* **67**:87-97.
- Juma, N.G., Izaurrealde, R.C., Robertson, J.A. and McGill, W.B. (1997). Crop yield and soil organic matter trends over 60 years in a typical cryoboralf at Breton, Alberta. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Loffler, C.M., Rauch, T.L. and Busch, R.H. (1985). Grain and plant protein relationships in hard red spring wheat. *Crop Sci.* **25**:521-524.
- Perry, M.W. and D'Antuono, M.F. (1989). Yield improvement and associated characteristics of some Australian spring wheat cultivars introduced between 1860 and 1982. *Aust. J. Agric. Res.* **40**:457-472.
- Skidmore, E.L. and Siddoway, F.H. (1978). Crop residue requirements to control wind erosion. In: *Crop Residue Management Systems*. *Am. Soc. Agron. Spec. Pub.* No. 31.
- van Delden, A. (2001). Yield and growth components of potato and wheat under organic nitrogen management. *Agron. J.* **93**:1370-1385.

4. Рис

- Bainton, S.J., Plumb, V.E., Juliano, B.O., Perez, C.M., Roxas, D.B., Kush, G.S., de Jesus, J.C. and Gomez, K.A. (1991). Variation in the nutritional value of rice straw. *Animal Feed Science and Technology* **34**, 261-277.
- Cho, Y.S., Choe, Z.R. and Ockerby, S.E. (2001). Managing tillage, sowing rate and nitrogen top-dressing level to sustain rice yield in a low-input, direct-sown, rice-vetch cropping system. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, **41**:61-69.
- Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, **28**: 361-405.
- George, T., Magbanua, R., Roder, W., Van Keer, K., Trebuil, G. and Reoma, V. (2001). Upland rice response to phosphorous fertilization in Asia. *Agron. J.* **93**:1362-1370.
- Kinery, J.R., McCauley, G., Xie, Y. and Arnold, J.G. (2001). Rice parameters describing crop performance of four U. S. cultivars. *Agron. J.* **93**:1354-1361.
- Ockerby, S.E. and Fukai, S. (2001). The management of rice grown on raised beds with continuous furrow irrigation. *Field Crops Research*. **69**:215-226.
- San-oh, Y., Mano, Y., Ookawa, T. and Hirasawa, T. (2004). Comparison of dry matter production and associated characteristics between direct-sown and transplanted rice plants in a submerged paddy field and relationships to planting patterns. *Field Crops Res.* **87**:43-58.
- Turner, F.T. and McCauley, G.N. (1983). Rice. In: *Crop – Water Relations*. I.D. Teare and M.M. Peet (eds.). John Wiley and Sons, New York, pp 308-350.
- Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Zhu, Q. and Wang, W. (2001). Remobilization of carbon reserves in response to water deficit during grain filling of rice. *Field Crops Res.* **71**:47-55.

5. Ячмень

- Alston, A.M. (1980). Response of wheat to deep placement of nitrogen and phosphorous fertilizers on a soil high in phosphorous in the surface layer. *Aust. J. Agric. Res.* **31**:13-24.
- Boukerrou, L. and Rasmussen, D.D. (1990). Breeding for high biomass yield in spring barley. *Crop Sci.* **30**:31-35.
- Chery, J., Lefevre, B., Robin, P. and Salsac, L. (1981). Barley breeding for high protein content. Relationship with nitrate reductase and proteolytic activities. In: *Barley Genetics IV. Proceedings of the Fourth International Barley Genetics Symposium*. Edinburgh Univ. Press.
- Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, **28**: 361-405.

- Juma, N.G., Izaurrealde, R.C., Robertson, J.A. and McGill, W.B. (1997). Crop yield and soil organic matter trends over 60 years in a typical cryoboralf at Breton, Alberta. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Kirby, E.J.M. (1967). The effect of plant density upon the growth and yield of barley. *J. Agric. Sci., Camb.* **68**:317-324.
- Lekes, J. (1981). Results, main directions in using world collections and genetic resources of spring barley in European breeding. In: Barley Genetics IV. Proceedings of the Fourth International Barley Genetics Symposium. Edinburgh Univ. Press.
- Mahli, S.S., Grant, C.A., Johnston, A.M. and Gill, K.S. (2001). Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: a review. *Soil and Tillage Res.* **60**:101-122.
- Riggs, T.J., Hanson, P.R., Start, N.D., Miles, D.M., Morgan, C.L. and Ford, M.A. (1981). Comparison of spring barley varieties grown in England and Wales between 1880 and 1980. *J. Agric. Sci., Camb.* **97**:599-610.
- Siddique, K.H.M., Belford, R.K. and Tennant, D. (1990). Root:shoot ratios of old and modern, tall and semi-dwarf wheats in a mediterranean environment. *Plant and Soil* **121**:89-98.
- Siddique, K.H.M., Belford, R.K., Perry, M.W. and Tennant, D. (1989). Growth, development and light interception of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean-type environment. *Aust. J. Agric. Res.* **40**:473-487.
- Skidmore, E.L. and Siddoway, F.H. (1978). Crop residue requirements to control wind erosion. In: Crop Residue Management Systems. *Am. Soc. Agron. Spec. Pub.* No. 31.
- Ten Eyck, A.M., and Shoesmith, V.M. (1907). Small grain crops. Agricultural Experiment Station Bulletin 144. Kansas State Agricultural College. Manhattan, KS.
- Watson, D.J., Thorne, G.N., and French, S.A.W. (1958). Physiological causes of differences in grain yield between varieties of barley. *Annals of Botany* **87**:321-352.
- Wych, R.D. and Rasmussen, D.C. (1983). Genetic improvement in malting barley cultivars since 1920. *Crop Sci.* **23**:1037-1040.
- 6. Овец**
- Anonymous (1923). Forty-second annual report for 1922-23. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 373. Wooster, OH.
- Anonymous (1926). Forty-fourth annual report for 1924-25. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 392. Wooster, OH.
- Bolinder, M.A., Angers, D.A. and Dubuc, J.P. (1997). Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:61-67.
- Brinkman, M.A. and Rho, Y.D. (1984). Response of three oat cultivars to N fertilizer. *Crop Science* **24**:973-977.
- Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.* **28**:361-405.
- Georgeson, C.C., Burtis, F.C. and Otis, D.H. (1893). Experiments with oats. Experiment Station Bull. No. 42. Kansas State Agricultural College.
- Georgeson, C.C., Burtis, F.C. and Otis, D.H. (1896). Experiments with oats. Experiment Station Bull. No. 63. Kansas State Agricultural College.
- Georgeson, C.C., Burtis, F.C. and Otis, D.H. (1897). Experiments with oats. Experiment Station Bull. No. 74. Kansas State Agricultural College.
- Georgeson, C.C., Cottrell, H.M. and Shelton, W. (1890). Experiments with oats. Experiment Station Bull. No. 13. Kansas State Agricultural College.
- Juma, N.G., Izaurrealde, R.C., Robertson, J.A. and McGill, W.B. (1997). Crop yield and soil organic matter trends over 60 years in a typical cryoboralf at Breton, Alberta. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Lawes, D.A. (1977). Yield improvement in spring oats. *J. Agric. Sci., Camb.* **89**:751-757.
- Meyers, K.B., Simmons, S.R. and Stuthman, D.D. (1985). Agronomic comparison of dwarf and conventional height oat genotypes. *Crop Sci.* **25**:964-966.

- Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1930). A field test of different sources of phosphorous. Pennsylvania State College School of Agriculture and Experiment Station Bull. 252.
- Noll, C.F., Gardner, F.D. and Irvin, C.J. (1931). Fiftieth anniversary of the General Fertilizer Tests 1881-1931. Pennsylvania State College School of Agriculture and Experiment Station Bull. 264.
- Rattunde, H.F. and Frey, K.J. (1986). Nitrogen harvest index in oats: Its repeatability and association with adaptation. *Crop Sci.* **26**:606-610.
- Sewell, M.C. and Call, L.E. (1925). Tillage investigations relating to wheat production. Tech. Bull. 18. Agricultural Experiment Station. Kansas State Agricultural College.
- Ten Eyck, A.M. and Shoesmith, V.M. (1907). Small grain crops. Agricultural Experiment Station Bulletin 144. Kansas State Agricultural College. Manhattan, KS.
- Thorne, C.E. (1924). The maintenance of soil fertility. Ohio Agricultural Experiment Station Bull. 381.
- Wianco, A.T. and Jones, S.C. (1918). The value of manure on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 222. Lafayette, IN.
- Wianco, A.T., Conner, S.D. and Jones, S.C. (1919). The value of legumes on Indiana soils. Purdue University Agricultural Experiment Station. Bull. No. 226. Lafayette, IN.

7. Просо

- Peterson, G.A. and Westfall, D.G. (1997). Management of dryland agroecosystems in the Central Great Plains of Colorado. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G. and Wood, W. (1989). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB89-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1992). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB92-2. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1991). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB91-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppet, B. (1994). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB94-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppet, B. (1993). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB93-4. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Wood, W. and Ross, S. (1988). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin LTB88-6. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., McGee, E., Westfall, D.G., Wood, C.W. and Sherrod, L. (1990). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB90-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.

8. Сорго

- Anonymous (1930). A report of the Tribune Branch Agricultural Experiment Station. Agricultural Experiment Station Bull. 250. Kansas State Agricultural College, Manhattan, KS.
- Arnon, I. and Blum, A. (1962). Factors responsible for yield superiority of hybrid sorghum. *Israel J. Agric. Res.* **12**: 95-105.
- Arnon, I. and Blum, A. (1964). Response of hybrid and self-pollinated sorghum varieties to moisture regime and intra-row competition. *Israel J. Agric. Res.* **14**: 45-53.
- Bond, J.J., Army, T.J. and Lehman, O.R. (1964). Row spacing, plant populations and moisture supply as factors in dryland grain sorghum production. *Agron. J.* **56**:3-6.
- Bruce, R.R. and Langdale, G.W. (1997). Soil carbon level dependence upon crop culture variables in a thermic-udic region. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Craufurd, P.Q. and Peacock, J.M. (1993). Effect of heat and drought stress on sorghum (*Sorghum bicolor*). II. *Grain yield. Expl. Agric.* **29**:77-86.
- Donald, C.M. and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. Agron.*, **28**: 361-405.

- Eastin, J.D. (1983). Sorghum. In Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments. International Rice Research Institute, Manila, Philippines.
- Eck, H.V. and Musick, J.T. (1979). Plant water stress effects on irrigated grain sorghum. I. Effects on yield. *Crop Sci.* **19**:589-592.
- Jones, O.R., Stewart, B.A. and Unger, P.W. (1997). Management of dry-farmed Southern Great Plains soils for sustained productivity. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Laryea, K.B. and Unger, P.W. (1995). Grassland converted to cropland: Soil conditions and sorghum yield. *Soil & Tillage res.* **33**:29-45.
- Peterson, G.A. and Westfall, D.G. (1997). Management of dryland agroecosystems in the Central Great Plains of Colorado. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G. and Wood, W. (1989). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB89-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Poss, D., Larson, K. and Thompson, D.L. (1997). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB97-3. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1992). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB92-2. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., McGee, E. and Kolberg, R. (1991). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB91-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppet, B. (1994). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB94-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Rouppet, B. (1993). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB93-4. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Sherrod, L., Kolberg, R. and Poss, D. (1995). Sustainable dryland agroecosystem management. Technical Bulletin TB95-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., Westfall, D.G., Wood, W. and Ross, S. (1988). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin LTB88-6. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Peterson, G.A., McGee, E., Westfall, D.G., Wood, C.W. and Sherrod, L. (1990). Crop and soil management in dryland agroecosystems. Technical Bulletin TB90-1. Dept. of Agronomy, Colorado State University.
- Prihar, S.S. and Stewart, B.A. (1991). Sorghum harvest index in relation to plant size, environment, and cultivar. *Agron. J.* **83**:603-608.
- Shinano, T., Osaka, M., Yamada, S. and Tadano, T. (1994). Comparison of root growth and nitrogen absorbing ability between Gramineae and Leguminosae during the vegetative stage. *Soil Sci. Plant Nutr.* **40**:485-495.
- Steiner, J.L. (1986). Dryland grain sorghum water use, light interception, and growth responses to plant geometry. *Agron. J.* **78**:720-726.
- Unger, P.W. and Jones, O.R. (1981). Effect of soil water content and a growing season straw mulch on grain sorghum. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **45**:129-134.
- Unger, P.W. and Wiese, A.F. (1979). Managing irrigated winter wheat residues for water storage and subsequent dryland grain sorghum production. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **43**:582-588.
- von Trebra, R.L. and Wagner, F.A. (1932). Tillage practices for south-western Kansas. Agricultural Experiment Station Bull. 262. Kansas State College of Agriculture and Applied Science. Manhattan, KS.

9. Рожь

В настоящее время нет данных по ржи.

10. Соя

Anderson, L.R., and Vasilas, B.L. (1985). Effects of planting date on two soybean cultivars: Seasonal dry matter accumulation and seed yield. *Crop Sci.* **25**:999-1004.

- Bruce, R.R. and Langdale, G.W. (1997). Soil carbon level dependence upon crop culture variables in a thermic-udic region. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.
- Buzzell, R.I. and Buttery, B.R. (1977). Soybean harvest index in hill-plots. *Crop Sci.* **17**:968-970.
- Frederick, J.R., Woolley, J.T., Hesketh, J.D. and Peters, D.B. (1991). Seed yield and agronomic traits of old and modern soybean cultivars under irrigation and soil water-deficit. *Field Crops research*, **27**: 71-82.
- Hanway, J.J. and Weber, C.R. (1971). Dry matter accumulation in eight soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties. *Agron. J.* **63**:227-230.
- Hodgson, A.S., Holland, J.F. and Rayner, P. (1989). Effects of field slope and duration of furrow irrigation on growth and yield of six grain-legumes on a waterlogging-prone vertisol. *Field Crops research*, **22**: 165-180.
- Kumudini, S., Hume, D.J., and Chu, G. (2001). Genetic improvement in short season soybeans: I. Dry matter accumulation, partitioning, and leaf area duration. *Crop Sci.* **41**:391-398.
- Laing, D.R., Kretchmer, P.J., Zuluaga, S. and Jones, P.G. (1983). Field Bean. In *Symposium on Potential Productivity of Field Crops Under Different Environments*. International Rice Research Institute, Manila, Philippines.
- Liu, X., Jin, J., Herbert, S.J., Zhang, Q. and Wang, G. (2005). Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybeans in Northeast China. *Field Crops Research*, **93**: 85-93.
- Peters, S.E., 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. In: *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Sammons, D.J., Peters, D.B. and Hymowitz, T. (1981). Screening soybeans for tolerance to moisture stress: A field procedure. *Field Crops Research*, **3**: 321-335.
- Sinclair, T.R., Muchow, R.C., Ludlow, M.M., Leach, G.J., Lawn, R.J. and Foale, M.A. (1987). Field and model analysis of the effect of water deficits on carbon and nitrogen accumulation by soybean, cowpea, and black gram. *Field Crops Research*, **17**: 121-140.
- Sivakumar, M.V.K., Taylor, H.M. and Shaw, R.H. (1977). Top and root relations of field-grown soybeans. *Agron. J.* **69**:470-473.
- Thatcher, L.E. (1925). The soybean in Ohio. Ohio Agricultural Experiment Station. Bull. 384.
- Walker, A.K. and Fioritto, R.J. (1984). Effect of cultivar and planting pattern on yield and apparent harvest index in soybean. *Crop Sci.* **24**:154-155.

11. Фасоль

- Ortega, P.F. (1988). Morphological characterization of six dry bean genotypes grown under non-irrigated conditions in Colorado. M.S. Thesis. Department of Agronomy, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

12. Картофель

- Heard, J. (2004). Nutrient accumulation and partitioning by potatoes in Manitoba. Proc. of 47th Annual Manitoba Society of Soil Science Meeting. Online at: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/msss/2004/mss600.pdf>.
- van Delden, A. (2001). Yield and growth components of potato and wheat under organic nitrogen management. *Agron. J.* **93**:1370-1385.
- Zvomuya, F., Rosen, C.J., Russelle, M.P. and Gupta, S.C. (2003). Nitrate leaching and nitrogen recovery following application of polyolefin-coated urea to potato. *Journal of Environmental Quality*, **32**: 480-489.

13. Арахис

- Bell, M.J., Muchow, R.C. and Wilson, G.L. (1987). The effect of plant population on peanuts (*Arachis hypogaea*) in a monsoonal tropical environment. *Field Crops Research*, **17**: 91-107.
- Ghosh, P.K. (2004). Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. *Field Crops Research*, **88**: 227-237.
- ICRISAT (2004). Increasing the effectiveness of research on agricultural resource management in the semi-arid tropics of southern India by combining cropping systems modeling with farming systems research: A

rewarding experience for Tamil Nadu farmers. International Crops research Institute for the Semi-Arid Tropics. Online at: <http://www.icrisat.org/>.

Singh, P., Boote, K.J., Rao, A.Y., Iruthayaraj, M.R., Sheikh, A.M., Hundal, S.S., Narang, R.S. and Singh, P. (1994). Evaluation of the groundnut model PNUTGRO for crop response to water availability, sowing dates, and seasons. *Field Crops research*, **39**: 147-162.

Witzenberger, A., Williams, J.H. and Lenz, F. (1985). Yield, components of yield and quality responses of groundnut (*Arachis Hypogaea* L.) as influenced by photoperiod and a growth regulator. *Field Crops research*, **12**: 347-361.

14. Люцерна

Paustian, K., Andren, O., Clarholm, M., Hansson, A.C., Johansson, G., Lagerlof, J., Lindberg, T., Pettersson, R., and Sohlenius, B. (1990). Carbon and nitrogen budgets of four agro-ecosystems with annual and perennial crops, with and without fertilization. *J. Appl. Ecol.* **27**:60-84.

Walley, F.L., Tomm, G.O., Matus, A., Slinkard, A.E. and van Kessel, C. (1996). Allocation and cycling of nitrogen in an alfalfa-bromegrass sward. *Agronomy Journal*, **88**: 834-843.

15. Сено из небобовых культур

Paustian, K., Andren, O., Clarholm, M., Hansson, A.C., Johansson, G., Lagerlof, J., Lindberg, T., Pettersson, R., and Sohlenius, B. (1990). Carbon and nitrogen budgets of four agro-ecosystems with annual and perennial crops, with and without fertilization. *J. Appl. Ecol.* **27**:60-84.

III. Содержание азота в надземных остатках

1. Кукуруза

Burgess, M.S., Mehuys, G.R. and Madramootoo, C.A. (2002). Nitrogen dynamics of decomposing corn residue components under three tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **66**:1350-1358.

Eghball, B. and Maranville, J.W. (1993). Root development and nitrogen influx of corn genotypes grown under combined drought and nitrogen stresses. *Agron. J.* **85**:147-152.

Heard, J. (2004). Nutrient accumulation and partitioning by grain corn in Manitoba. Proc. of 47th Annual Manitoba Society of Soil Science Meeting. Online at: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/msss/2004/mss601.pdf>.

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

Mgheni, D.M., Ndemanisho, E.E., Hvelplund, T. and Weisbjerg, M.R. (2001). Evaluation of the feeding value of two tropical cereal straws, maize stover, rice straw and their botanical fractions by nylon and mobile bag technique. *African Journal of Science and Technology*, **2**:65-71.

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

Reisinger, K., Haslinger, C., Herger, M., Hofbauer, H. (1996). BIOBIB- a Database for Biofuels, THERMIE-Conference: Renewable Energy Databases, Harwell, United Kingdom. Online at: <http://www.vt.tuwien.ac.at/biobib/oxford.html>.

Subedi, K.D. and Ma, B.L. (2005). Nitrogen uptake and partitioning in stay-green and leafy-maize hybrids. *Crop Sci.* **45**:740-747.

2. Пшеница

Austin, R.B., Ford, M.A. and Morgan, C.L. (1989). Genetic improvement in the yield of winter wheat: a further evaluation. *J. Agric. Sci., Camb.* **112**:295-301.

Campbell, C.A., Davidson, H.R. and Warder, F.G. (1977). Effects of fertilizer N and soil moisture on yield, yield components, protein content and N accumulation in the above-ground parts of spring wheat. *Can. J. Soil Sci.* **57**:311-327.

Campbell, C.A. and Zentner, R.P. (1993). Soil organic matter as influenced by crop rotations and fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **57**:1034-1040.

Cassman, K.G., Bryant, D.C., Fulton, A.E. and Jackson, L.F. (1992). Crop ecology, production and management. *Crop Sci.* **32**:1251-1258.

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

Reisinger, K., Haslinger, C., Herger, M. and Hofbauer, H. (1996). BIOBIB- a Database for Biofuels, THERMIE-Conference: Renewable Energy Databases, Harwell, United Kingdom. Online at: <http://www.vt.tuwien.ac.at/biobib/oxford.html>.

3. Пис

Mgheni, D.M., Ndemanisho, E.E., Hvelplund, T. and Weisbjerg, M.R. (2001). Evaluation of the feeding value of two tropical cereal straws, maize stover, rice straw and their botanical fractions by nylon and mobile bag technique. *African Journal of Science and Technology*, **2**:65-71.

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

Ockerby, S.E. and Fukai, S. (2001). The management of rice grown on raised beds with continuous furrow irrigation. *Field Crops Research*. **69**:215-226.

Reisinger, K., Haslinger, C., Herger, M. and Hofbauer, H. (1996). BIOBIB- a Database for Biofuels, THERMIE-Conference: Renewable Energy Databases, Harwell, United Kingdom. Online at: <http://www.vt.tuwien.ac.at/biobib/oxford.html>.

4. Ячмень

Bulman, P. and Smith, D.L. (1993). Accumulation and redistribution of dry matter and nitrogen by spring barley. *Agron. J.* **85**:1114-1121.

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

Reisinger, K., Haslinger, C., Herger, M. and Hofbauer, H. (1996). BIOBIB- a Database for Biofuels, THERMIE-Conference: Renewable Energy Databases, Harwell, United Kingdom. Online at: <http://www.vt.tuwien.ac.at/biobib/oxford.html>.

5. Овес

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

Reisinger, K., Haslinger, C., Herger, M., Hofbauer, H. (1996). BIOBIB- a Database for Biofuels, THERMIE-Conference: Renewable Energy Databases, Harwell, United Kingdom. Online at: <http://www.vt.tuwien.ac.at/biobib/oxford.html>.

Wych, R.D. and Stuthman, D.D. (1983). Genetic improvement in Minnesota-adapted oat cultivars released since 1923. *Crop Sci.* **23**:879-881.

6. Просо

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

7. Сорго

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

8. Рожь

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

9. Соя

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

10. Фасоль

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

11. Картофель

Heard, J. (2004). Nutrient accumulation and partitioning by potatoes in Manitoba. Proc. of 47th Annual Manitoba Society of Soil Science Meeting. Online at: <http://www.gov.mb.ca/agriculture/msss/2004/mss600.pdf>.

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

Thatcher, L.E. and Willard, C.J. (1962). Crop rotation and soil productivity. Ohio Agricultural Experiment Station Res. Bull. 907. Ohio State University.

Zvomuya, F., Rosen, C.J., Russelle, M.P. and Gupta, S.C. (2003). Nitrate leaching and nitrogen recovery following application of polyolefin-coated urea to potato. *Journal of Environmental Quality*, **32**: 480-489.

12. Арахис

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

13. Люцерна

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

Schmidt, W.H., Myers, D.K. and Van Keuren, R.W. (2001). Values of legumes for plowdown nitrogen. Extension Fact Sheet AGF-111-01. Ohio State University Extension. Online at: <http://ohioline.osu.edu/agf-fact/0111.html>.

Walley, F.L., Tomm, G.O., Matus, A., Slinkard, A.E. and van Kessel, C. (1996). Allocation and cycling of nitrogen in an alfalfa-bromegrass sward. *Agronomy Journal*, **88**: 834-843.

14. Сено из небобовых культур

NRCS (2006). Plant nutrient content database. Natural Resources Conservation Service. U. S. Dept. of Agriculture. Online at: <http://www.nrcs.usda.gov/technical/ECS/nutrient/tbb1.html>.

IV. Отношение подземных остатков к надземной биомассе**1. Кукуруза**

Bray, J.R. (1963). Root production and the estimation of net productivity. *Can. J. Bot.* **41**:65-72.

Bolinder, M.A., Angers, D.A., Giroux, M. and Laverdiere, M.R. (1999). Estimating C inputs retained as soil organic matter from corn (*Zea Mays* L.). *Plant and Soil* **215**:85-91.

Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.

Eghball, B. and Maranville, J.W. (1993). Root development and nitrogen influx of corn genotypes grown under combined drought and nitrogen stresses. *Agron. J.* **85**:147-152.

Follett, R.F., Allmaras, R.R. and Reichman, G.A. (1974). Distribution of corn roots in sandy soil with a declining water table. *Agron. J.* **66**:288-292.

Huggins, D.R., and Fuchs, D.J. (1997). Long-term N management effects on corn yield and soil C of an aquic haplustoll in Minnesota. In *Soil Organic Matter In Temperate Agroecosystems*. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.

Liang, B.C., Wang, X.L. and Ma, B.L. (2002). Maize root-induced change to soil organic pool. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **66**:845-847.

Qian, J.H., Doran, J.W. and Walters, D.T. (1997). Maize plant contributions to root zone available carbon and microbial transformations of nitrogen. *Soil Biol. Biochem.* **29**:1451-1462.

Shank, D.B. (1943). Top-root ratios of inbred and hybrid maize. *J. Am. Soc. Agron.*, pp. 976-986.

Tran, T.S. and Giroux, M. (1998). Fate of 15N-labelled fertilizer applied to corn grown on different soil types. *Canadian Journal of Soil Science*, **78**: 597-605.

- Triplett, G.B. Jr. and Mannering, J.V. (1978). Crop residue management in crop rotation and multiple cropping systems. Chapter 11 in Crop Residue Management Systems. *Am. Soc. Agron. Spec. Pub.* No. 31.
- Yiridoe, E.K., Voroney, R.P. and Weersink, A. (1997). Impact of alternative farm management practices on nitrogen pollution of groundwater: Evaluation and application of CENTURY Model. *J. Environ. Qual.* **26**:1255-1263.

2. Пшеница

- Barraclough, P.B. (1984). The growth and activity of winter wheat roots in the field: root growth of high yielding crops in relation to shoot growth. *J. Agric. Sci., Camb.* **103**:439-442.
- Barraclough, P.B. and Leigh, R.A. (1984). The growth and activity of winter wheat roots in the field: the effect of sowing date and soil type on root growth of high yielding crops. *J. Agric. Sci., Camb.* **103**:59-74.
- Bolinder, M.A., Angers, D.A. and Dubuc, J.P. (1997). Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:61-67.
- Bray, J.R. (1963). Root production and the estimation of net productivity. *Can. J. Bot.* **41**:65-72.
- Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.
- Campbell, C.A. and de Jong, R. (2001). Root-to-straw ratios – influence of moisture and rate of N fertilizer. *Can. J. Soil Sci.*, **81**: 39-43.
- 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. In: Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. E.A. Paul, K. Paustian, E.T. Elliott, and C.V. Cole (eds.). CRC Press, Inc.
- Gregory, P.J., McGowan, M., Biscoe, P.V. and Hunter, B. (1978). Water relations of winter wheat. 1. Growth of the root system. *J. Agric. Sci., Camb.* **91**:91-102.
- Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.
- Siddique, K.H.M., Belford, R.K. and Tennant, D. (1990). Root:shoot ratios of old and modern, tall and semi-dwarf wheats in a mediterranean environment. *Plant and Soil* **121**:89-98.
- Slobodian, N., Van Rees, K. and Pennock, D. (2002). Cultivation-induced effects on below-ground biomass and organic carbon. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **66**:924-930.
- Triplett Jr., G.B. and Mannering, J.V. (1978). Crop residue management in crop rotation and multiple cropping systems. Chapter 11 in Crop Residue Management Systems. *Am. Soc. Agron. Spec. Pub.* No. 31.
- Weir, A.H. and Barraclough, P.B. (1986). The effect of drought on the root growth of winter wheat and on its uptake from deep loam. *Soil Use And Management* **2**:91-96.

3. Пис

- Cassman, K. G. (personal communication 2002) Agron. Dept, U. NE.
- Khokhar, M.F.K. and Pandey, H.N. (1976). Biomass, productivity and growth analysis of two varieties of paddy. *Trop. Ecol.* **17**:125-131.
- Shinano, T., Osaka, M., Yamada, S. and Tadano, T. (1994). Comparison of root growth and nitrogen absorbing ability between Gramineae and Leguminosae during the vegetative stage. *Soil Sci. Plant Nutr.* **40**:485-495.
- Turner, F.T. and McCauley, G.N. (1983). Rice. In: Crop – Water Relations. I.D. Teare and M.M. Peet (eds.). John Wiley and Sons, New York, pp 308-350.

4. Ячмень

- Bolinder, M.A., Angers, D.A. and Dubuc, J.P. (1997). Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:61-67.
- Bray, J.R. (1963). Root production and the estimation of net productivity. *Can. J. Bot.* **41**:65-72.
- Gregory, P.J. and Atwell, B.J. (1991). The fate of carbon in pulse-labeled crops of barley and wheat. *Plant and Soil* **136**:205-213.
- Gregory, P.J., Palta, J.A. and Batts, G.R. (1997). Root systems and root:mass ratio – carbon allocation under current and projected atmospheric conditions in arable crops.
- Hansson, A., Andren, O., Bostrom, U., Clarholm, M., Lagerlof, J., Lindberg, T., Paustian, K., Pettersson, R. and Sohlenius, B. (1989). Chapter 4. Structure of the agroecosystem. In: Andren O., Lindberg T., Paustian K.,

- and Rosswall T. (eds.). Ecology of arable land – organisms, carbon and nitrogen cycling. *Ecol. Bull.* (Copenhagen) **40**:41-83.
- Heen, A. (1981). Root growth, transpiration and leaf-firing during water stress in barley: Breeding implications for drought resistance. In: Barley Genetics IV. Proceedings of the Fourth International Barley Genetics Symposium. Edinburgh Univ. Press.
- Shank, D.B. (1943). Top-root ratios of inbred and hybrid maize. *J. Am. Soc. Agron.*, pp. 976-986.
- Siddique, K.H.M., Belford, R.K. and Tennant, D. (1990). Root:shoot ratios of old and modern, tall and semi-dwarf wheats in a mediterranean environment. *Plant and Soil* **121**:89-98.
- Watson, D.J., Thorne, G.N. and French, S.A.W. (1958). Physiological causes of differences in grain yield between varieties of barley. *Annals of Botany* **87**:321-352.
- Xu, J.G. and Juma, N.G. (1992). Above- and below-ground net primary production of four barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in western Canada. *Can. J. Plant Sci.* **72**:1131-1140.
- 5. Овес**
- Bolinder, M.A., Angers, D.A. and Dubuc, J.P. (1997). Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **63**:61-67.
- Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.
- 6. Просо**
- В настоящее время нет данных по просу.
- 7. Сорго**
- В настоящее время нет данных по сорго.
- 8. Рожь**
- В настоящее время нет данных по ржи.
- 9. Соя**
- Allmaras, R.R., Nelson, W.W. and Voorhees, W.B. (1975). Soybean and corn rooting in Southwestern Minnesota: II. Root distributions and related water flow. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* **39**:771-777.
- Buyanovsky, G.A. and Wagner, G.H. (1986). Post-harvest residue input to cropland. *Plant and Soil* **93**:57-65.
- Heatherly, L.G. (1980). Effect of upper-profile soil water potential on soybean root and shoot relationships. *Field Crops Research*, **3**:165-171.
- Mayaki, W.C., Teare, I.D. and Stone, L.R. (1976). Top and root growth of irrigated and nonirrigated soybeans. *Crop Sci.* **16**:92-94.
- Shinano, T., Osaki, M., Yamada, S. and Tadano, T. (1994). Comparison of root growth and nitrogen absorbing ability between Gramineae and Leguminosae during the vegetative stage. *Soil Sci. Plant Nutr.* **40**:485-495.
- Taylor, H.M., Mason, W.K., Bennie, A.T.P. and House, H.R. (1982). Responses of soybeans to two row spacings and two soil water levels. I. An analysis of biomass accumulation, canopy development, solar radiation interception and components of seed yield. *Field Crops Research*, **5**: 1-14.
- 10. Фасоль**
- No data on dry beans available at this time.
- 11. Картофель**
- Vangessel, M.J. and Renner, K.A. (1990). Redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) interference in potatoes (*Solanum tuberosum*). *Weed Science* **38**:338-343.
- 12. Арахис**
- В настоящее время нет данных по арахису.
- 13. Люцерна**
- Paustian, K., Andren, O., Clarholm, M., Hansson, A.C., Johansson, G., Lagerlof, J., Lindberg, T., Pettersson, R. and Sohlenius, B. (1990). Carbon and nitrogen budgets of four agro-ecosystems with annual and perennial crops, with and without fertilization. *J. Appl. Ecol.* **27**:60-84.

14. Сено из небобовых культур

Paustian, K., Andren, O., Clarholm, M., Hansson, A.C., Johansson, G., Lagerlof, J., Lindberg, T., Pettersson, R. and Sohlenius, B. (1990). Carbon and nitrogen budgets of four agro-ecosystems with annual and perennial crops, with and without fertilization. *J. Appl. Ecol.* **27**:60-84.

V. Содержание азота в подземных остатках

1. Кукуруза

Sanchez, J.E., Paul, E.A., Willson, T.C., Smeenk, J. and Harwood, R.R. (2002). Corn root effects on the nitrogen-supplying capacity of a conditioned soil. *Agron. J.* **94**:391-396.

Subedi, K.D. and Ma, B.L. (2005). Nitrogen uptake and partitioning in stay-green and leafy-maize hybrids. *Crop Sci.* **45**:740-747.

Tran, T.S. and Giroux, M. (1998). Fate of 15N-labelled fertilizer applied to corn grown on different soil types. *Canadian Journal of Soil Science*, **78**: 597-605.

2. Пшеница

Campbell, C.A., Cameron, D.R., Nicholaichuk, W. and Davidson, H.R. (1977). Effects of fertilizer N and soil moisture on growth, N content, and moisture use by spring wheat. *Can. J. Soil Sci.* **57**:289-310.

Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.

3. Рис

В настоящее время нет данных по рису.

4. Ячмень

Dev, G. and Rennie, D.A. (1979). Isotope studies on the comparative efficiency of nitrogenous sources. *Aust. J. Soil Res.* **17**: 155-162.

Haugen-Kozyra, K., Juma, N.G. and Nyborg, M. (1993). Nitrogen partitioning and cycling in barley-soil systems under conventional and zero tillage in central Alberta. *Canadian Journal of Soil Science* **73**: 183-196.

5. Овес

Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.

6. Просо

В настоящее время нет данных по просу.

7. Сорго

Cueto-Wong, J.A., Guldán, S.J., Lindemann, W.C. and Remmenga, M.D. (2001). Nitrogen recovery from 15N-labeled green manures: I. Recovery by forage sorghum and soil one season after green manure incorporation. *Journal of Sustainable Agriculture*, **17**:27-42.

8. Рожь

Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.

9. Соя

Thatcher, L.E. (1925). The soybean in Ohio. Ohio Agricultural Experiment Station. Bull. 384.

10. Фасоль

Janzen, H.H., Beauchemin, K.A., Bruinsma, Y., Campbell, C.A., Desjardins, R.L., Ellert, B.H. and Smith, E.G. (2003). The fate of nitrogen in agroecosystems: An illustration using Canadian estimates. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **67**: 85-102.

11. Картофель

Lander, C.H., Moffitt, D. and Alt, K. (1998). Nutrients available from livestock manure relative to crop growth requirements. Resource Assessment and Strategic Planning Working paper 98-1. USDA Natural Resource Conservation Service. <http://www.nhq.nrcs.usda.gov/land/pubs/nlweb.html>

Zvomuya, F., Rosen, C.J., Russelle, M.P. and Gupta, S.C. (2003). Nitrate leaching and nitrogen recovery following application of polyolefin-coated urea to potato. *Journal of Environmental Quality*, **32**: 480-489.

12. Арахис

В настоящее время нет данных по арахису.

13. Люцерна

- Baron, V., Young, D.Y. and Ullmann, C. (2001). Can pasture slow down global warming? Western Forage/Beef Group, 5: 3-6. Online at: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/newslett.nsf/all/wfbg38](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/newslett.nsf/all/wfbg38).
- Bowren, K.E., Cooke, D.A. and Downey, R.K. (1969). Yield of dry matter and nitrogen from tops and roots of sweetclover, alfalfa, and red clover at five stages of growth. *Canadian Journal of Plant Science*, **49**: 61-69.
- Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.
- Schmidt, W.H., Myers, D.K. and Van Keuren, R.W. (2001). Values of legumes for plowdown nitrogen. Extension Fact Sheet AGF-111-01. Ohio State University Extension. Online at: <http://ohioline.osu.edu/agf-fact/0111.html>.
- Walley, F.L., Tomm, G.O., Matus, A., Slinkard, A.E. and van Kessel, C. (1996). Allocation and cycling of nitrogen in an alfalfa-bromegrass sward. *Agronomy Journal*, **88**: 834-843.

14. Сено из небобовых культур

- 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 Chernozemic soil. *Canadian Journal of Soil Science*, **71**: 363-376.
- Christian, J.M. and Wilson, S.D. (1999). Long-term ecosystem impacts of an introduced grass in the Northern Great Plains. *Ecology*, **80**: 2397-2407.
- Pederson, G.A., Brink, G.E. and Fairbrother, T.E. (2002). Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, phosphorous, potassium, copper, and zinc. *Agron. J.* **94**:895-904.
- Schmidt, W.H., Myers, D.K. and Van Keuren, R.W. (2001). Values of legumes for plowdown nitrogen. Extension Fact Sheet AGF-111-01. Ohio State University Extension. Online at: <http://ohioline.osu.edu/agf-fact/0111.html>.
- Walley, F.L., Tomm, G.O., Matus, A., Slinkard, A.E. and van Kessel, C. (1996). Allocation and cycling of nitrogen in an alfalfa-bromegrass sward. *Agronomy Journal*, **88**: 834-843.

Ссылки

- Aitkenhead-Peterson, J.A., Alexander, J.E. and Clair, T.A. (2005). Dissolved organic carbon and dissolved organic nitrogen export from forested watersheds in Nova Scotia: Identifying controlling factors. *Global Biogeochemical Cycles*, **19**, GB4016, doi:10.1029/2004GB002438.
- Akiyama, H., Yagi, K. and Yan, X. (2005). Direct N₂O emission from rice paddy fields: Summary of available data. *Glob. Biogeochem. Cycles*, **19**(1), art. no. GB1005.
- Alm, J., Saarnio, S., Nykanen, H., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (1999). Winter CO₂, CH₄ and N₂O fluxes on some natural and drained boreal peatlands. *Biogeochem.* **44**, 163-186.
- Bouwman, A.F. (1996). Direct emissions of nitrous oxide from agricultural soils. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **46**, 53-70.
- Bouwman, A.F., Boumans, L.J.M. and Batjes, N.H. (2002a). Emissions of N₂O and NO from fertilised fields: Summary of available measurement data. *Glob. Biogeochem. Cycles*, **16**(4), art. no. 1058.
- Bouwman, A.F., Boumans, L.J.M. and Batjes, N.H. (2002b). Modeling global annual N₂O and NO emissions from fertilised fields. *Glob. Biogeochem. Cycles*, **16**(4), art. no. 1080.
- Brumme, R., Borcken, W. and Finke, S. (1999). Hierarchical control on nitrous oxide emission in forest ecosystems. *Global Biochem. Cycles* **13**, 1137–1148.
- Butterbach-Bahl, K., Gasche, R., Breuer, L. And Papen, H. (1997). Fluxes of NO and N₂O from temperate forest soils: impact of forest type, N deposition and of liming on the NO and N₂O emissions. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* **48**, 79–90.
- Clough, T., Bertram, J.E., Sherlock, R.R., Leonard, R.L. and Nowicki, B.L. (2006). Comparison of measured and EF5-r-derived N₂O fluxes from a spring-fed river. *Glob. Change Biol.* **12**, 477-488.
- Corre, M.D., Pennock, D.J., van Kessel, C., and Elliott, D.K. (1999). Estimation of annual nitrous oxide emissions from a transitional grassland-forest region in Saskatchewan, Canada. *Biogeochem.* **44**, 29–49.
- Davies, M.G., Smith, K.A. and Vinten, A.J.A. (2001). The mineralisation and fate of N following ploughing of grass and grass-clover swards. *Biol. Fertil. Soils*, **33**, 423-434.
- de Klein, C.A.M. (2004). Review of the N₂O emission factor for excreta deposited by grazing animals (EF_{3PRP}). Paper prepared as part of the 2006 Revised Guidelines for Greenhouse Gas Inventories of IPCC.
- Denier van der Gon, H. and Bleeker, A. (2005). Indirect N₂O emission due to atmospheric N deposition for the Netherlands. *Atmos. Environ.* **39**, 5827-5838.
- Dong, L.F., Nedwell, D.B., Colbeck, I. and Finch, J. (2004). Nitrous oxide emission from some English and Welsh rivers and estuaries. *Water Air Soil Pollution: Focus* **4**, 127-134.
- FAO (1998). World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports 84. FAO, Rome. 88pp. (ISBN 92-5-104141-5).
- Garten, C.T., Cooper, L.W., Post, W.M. and Hanson, P.J. (2000). Climate controls on forest soil C isotope ratios in the southern Appalachian mountains. *Ecology*, **81**, 1108-1119.
- Hiscock, K.M., Bateman, A.S., Fukada, T. and Dennis, P.F. (2002). The concentration and distribution of groundwater N₂O in the Chalk aquifer of eastern England. In: Van Ham, J., Baede, A.P.M., Guicherit, R. and Williams-Jacobse, J.G.F.M. (eds.), Proc. 3rd Internat. Symp. Non-CO₂ Greenhouse Gases, Maastricht, The Netherlands, 185-190.
- Hiscock, K.M., Bateman, A.S., Muhlherr, I.H., Fukada, T. and Dennis, P.F. (2003). Indirect emissions of nitrous oxide from regional aquifers in the United Kingdom. *Environ. Sci. Technol.* **37**, 3507-3512.
- 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.

- John, B., Yamashita, T., Ludwig, B. and Flessa, H. (2005). Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*, **128**, 63-79.
- Klemedtsson, L., Kasimir Klemedtsson, A., Escala, M. and Kulmala, A. (1999). Inventory of N₂O emission from farmed European peatlands. In: Freibauer, A. and Kaltschmitt, M. (eds.), *Approaches to Greenhouse Gas Inventories of Biogenic Sources in Agriculture*, Proc. Workshop at Lökeberg, Sweden, 9-10 July 1998, pp. 79-91.
- Klemedtsson, L., Weslien, P., Arnold, K., Agren, G., Nilsson, M. and Hanell, B. (2002). Greenhouse gas emissions from drained forests in Sweden. In: Olsson M. (ed.) *Land-use strategies for reckoning net greenhouse gas emissions*. Mistra Programme: Progress report 1999 – 2002. Swedish Univ. Agric. Sciences, Uppsala: pp. 44-67.
- Lobe, I., Amelung, W. and Du Preez, C.C. (2001). Losses of carbon and nitrogen with prolonged arable cropping from sandy soils of the South African Highveld. *European Journal of Soil Science*, **52**, 93-101.
- Laine, J., Silvola, J., Tolonen, K., Alm, J., Nykanen, H., Vasander, H., Sallantausta, T., Savolainen, I., Sinisalo, J., and Martikainen, P.J. (1996). Effect of water-level drawdown on global climatic warming – northern peatlands. *Ambio* **25**, 179-184.
- Martikainen, P.J., Nykanen, H., Alm, J., and Silvola, J. (1995). Change in fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide due to forest drainage of mire sites of different trophy. *Plant Soil* **169**, 571-577.
- Minkkinen, K., Korhonen, K., Savolainen, I. and Laine, J. (2002). Carbon balance and radiative forcing of Finnish peatlands 1900-2100: the impact of forestry drainage. *Glob. Change Biol.* **8**, 785-799.
- Novoa, R. and Tejada, H.R. (2006) Evaluation of the N₂O emissions from N in plant residues as affected by environmental and management factors. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* (in press).
- Reay, D.S., Smith, K.A. and Edwards A.C. (2004). Nitrous oxide in agricultural drainage waters following field fertilisation. *Water Air Soil Pollution: Focus*, **4**, 437-451.
- Reay, D., Smith, K.A., Edwards, A.C., Hiscock, K.M., Dong, L.F. and Nedwell, D. (2005). Indirect nitrous oxide emissions: revised emission factors. *Environ. Sciences*, **2**, 153-158.
- Regina, K., Nykänen, H., Silvola, J. and Martikainen, P.J. (1996). Nitrous oxide production in boreal peatlands of different hydrology and nutrient status. In: *Northern peatlands in global climatic change*. Proc. Internat. Workshop, Academy of Finland, Hyytiälä: pp. 158-166.
- Robertson, G.P. and Grace, P.R. (2004). Greenhouse gas fluxes in tropical and temperate agriculture: the need for a full-cost accounting of global warming potentials. *Environ. Develop. Sustain.* **6**, 51-63.
- Rochette, P. and Janzen, H.H. (2005). Towards a revised coefficient for estimating N₂O emissions from legumes. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **73**, 171-179.
- Snowdon, P., Ryan, P. and Raison, J. (2005). Review of C:N ratios in vegetation, litter and soil under Australian native forests and plantations. *National Carbon Accounting System Technical Report No. 45*, Australian Greenhouse Office, Canberra.
- Sawamoto, T., Nakajima, Y., Kasuya, M., Tsuruta, H. and Yagi, K. (2005). Evaluation of emission factors for indirect N₂O emission due to nitrogen leaching in agro-ecosystems. *Geophys. Res. Lett.* **32**(3), doi:10.1029/2004GL021625.
- Smith, K.A. and Conen, F. (2004). Impacts of land management on fluxes of trace greenhouse gases. *Soil Use Manage.*, **20**, 255-263.
- Stehfest, E. and Bouwman, L. (2006). N₂O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modeling of global annual emissions. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* **74**, 207-228.
- van der Weerden, T.J., Sherlock, R.R., Williams, P.H. and Cameron, K.C. (1999). Nitrous oxide emissions and methane oxidation by soil following cultivation of two different leguminous pastures. *Biol. Fertil. Soils*, **30**, 52-60.
- West, T.O. and McBride, A.C. (2005). The contribution of agricultural lime to carbon dioxide emission in the United States: dissolution, transport, and net emissions. *Agric. Ecosyst. Environ.* **108**, 145-154.